



MANEJO DE PLANTEL DE REPRODUTORES DE PIRARUCU

Embrapa

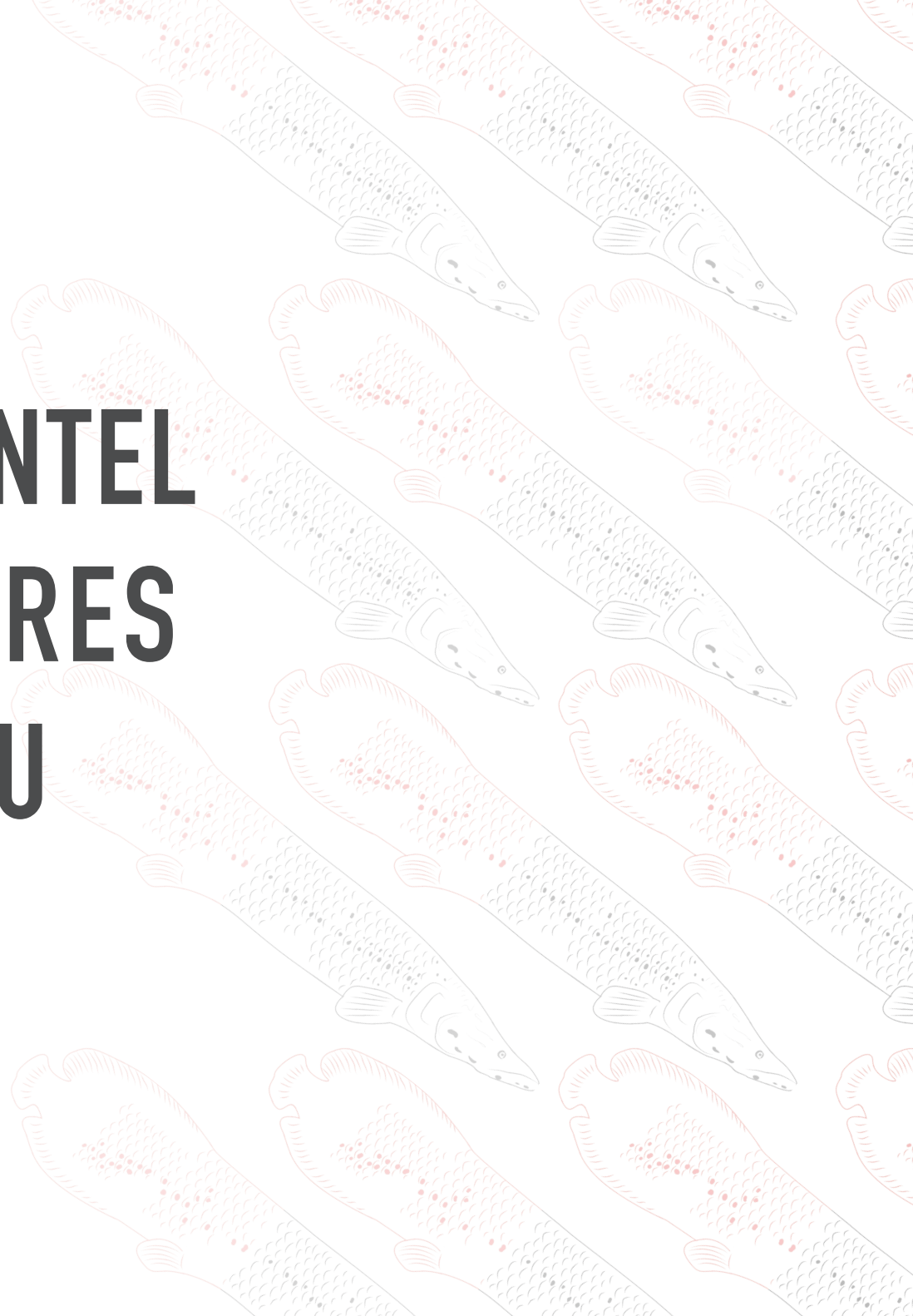
MANEJO DE PLANTEL DE REPRODUTORES DE PIRARUCU

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Aquicultura e Pesca
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MANEJO DE PLANTEL DE REPRODUTORES DE PIRARUCU

EMBRAPA
Brasília, DF

2015



Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Quadra 104 Sul, Av. LO 1, N. 34,
Conj. 4, 1º e 2º pavimentos
CEP: 77020-020, Palmas, TO
Fone: (63) 3229.7800/ 3229.7850
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Pesca e Aquicultura

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Eric Arthur Bastos Routledge*

Secretária-executiva: *Renata Melon Barroso*

Membros: *Alisson Moura Santos, Andrea
Elena Pizarro Munoz, Milena Santos de Pinho,
Giovanni Vitti Moro, Hellen Kato, Jefferson*

*Cristiano Christofolletti, Marcelo Könsgen Cunha
e Marta Eichemberger Ummus.*

Supervisão Editorial:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Revisão de texto:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Projeto gráfico e tratamento de imagens:

HiDesign Estúdio

Ilustrações:

HiDesign Estúdio

Capa:

HiDesign Estúdio

Foto de capa:

Jefferson Cristiano Christofolletti

Editoração eletrônica:

HiDesign Estúdio

1ª edição

1ª impressão (2015): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pesca e Aquicultura

Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu/ autores, Adriana Ferreira Lima ... [et al.]. - Brasília, DF: Embrapa, 2015.

108 p. : il. color. ; 28 cm x 21 cm.

ISBN 978-85-7035-511-9

1. Piscicultura. 2. Região Norte. 3. Reprodução. 4. *Arapaima gigas*. I. Lima, Adriana Ferreira. II. Rodrigues, Ana Paula Oeda. III. Alves, Anderson Luis. IV. Varela, Eduardo Sousa. V. Torati, Lucas Simon. VI. Mataveli, Marcela. VII. Maciel, Patricia Oliveira. VIII. Bezerra, Tácito Araújo. IX. Embrapa Pesca e Aquicultura.

CDD 639.31

© Embrapa 2015

Autores

Adriana Ferreira Lima

Engenheira de pesca, mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Eduardo Sousa Varela

Biólogo, doutor em Genética e Biologia Molecular, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Patricia Oliveira Maciel

Médica veterinária, mestre em Biologia Aquática e Pesca Interior, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Anderson Luis Alves

Biólogo, doutor em Genética, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Ana Paula Oeda Rodrigues

Engenheira agrônoma, mestre em Aquicultura, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Lucas Simon Torati

Biólogo, mestre em Ciências, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Marcela Matavelli

Zootecnista, doutora em Produção Animal, analista da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Tácito Araújo Bezerra

Tecnólogo em Aquicultura, extensionista do Instituto de Desenvolvimento Rural (Ruralins), consultor do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), Palmas, TO.

Apresentação

O pirarucu é uma espécie de peixe que vem despertando, cada vez mais, a atenção e o interesse dos piscicultores brasileiros. Isso se deve, em parte, à sua exuberância, representada pelo seu avantajado tamanho e força, e, em parte, à sua boa adaptação ao ambiente de criação, manifesta num rápido crescimento, quando comparado ao de outras espécies aquícolas.

A maioria das informações sobre pirarucu está contida em artigos científicos. Técnicos e produtores também acumularam farto conhecimento sobre o manejo e o comportamento da espécie, ao longo de anos de experiência na produção do pirarucu em cativeiro.

O setor da pesquisa agropecuária busca novos conhecimentos sobre as espécies produtivas, pretendendo, com isso, estimular o desenvolvimento da cadeia produtiva dessa espécie. Sabe-se, contudo, que ela não anda sozinha, pois depende do setor produtivo para a alimentação de novas demandas, para a troca de experiências e para a busca das soluções mais adequadas.

No Projeto Pirarucu da Amazônia, resultado de parceria entre Sebrae, Embrapa e Ministério da Pesca e Aquicultura, tem se buscado essa interação, imprescindível aos propósitos do projeto. A Embrapa tem dado a sua contribuição por meio do desenvolvimento de pesquisas, em várias áreas de conhecimento, sobre a criação do pirarucu.

Esta publicação foi elaborada em linguagem simples e acessível ao seu público-alvo, principalmente produtores e técnicos da assistência técnica e extensão rural, dando-lhes acesso a importantes informações sobre a forma de implantar as práticas e utilizar as tecnologias apresentadas. Esperamos que num futuro próximo o pirarucu produzido em cativeiro amplie sua participação na produção brasileira dessa espécie e, graças a isso, venha a contribuir para a preservação da espécie em seu ambiente natural.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe-Geral da Embrapa Pesca e Aquicultura



Prefácio

Grande promessa de bons negócios no Brasil, a aquicultura tem avançado nos últimos anos. O país produz 1,3 milhão de toneladas por ano, mas tem condições de produzir 20 milhões de pescado por ano, segundo previsões da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO-ONU). A expansão do setor é facilitada pelas condições climáticas favoráveis, pela concentração de água doce e pela boa oferta de grãos para produção de ração.

Nesse contexto, o pirarucu destaca-se por ser uma espécie de rio diferente de outras; ele é, na verdade, um animal pré-histórico e tem pulmão. Por anos, os exemplares de pirarucu foram capturados na natureza sem controle algum, o que colocou a espécie em situação de quase extinção. Diante disso, a criação em cativeiro tem sido uma alternativa para aumentar a oferta. E a carne, mais macia e padronizada, vem chamando a atenção de grandes chefs de cozinha e ganhando olhares do mercado internacional.

O Sebrae tem investido em parcerias com instituições, como o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e a Embrapa, para fomentar a produção sustentável de peixes e dinamizar a aquicultura e a pesca. Os dados mostram que essa atividade oferece excelentes oportunidades para os pequenos negócios, que representam 90% do segmento.

Como parte de projeto financiado pelo Sebrae e pelo MPA, foram realizadas capacitações nos sete estados da Região Norte do Brasil sobre Manejo do Plantel de Reprodutores de Pirarucu. Durante elas, houve a concepção desta publicação, que objetiva compilar informações básicas já existentes sobre a espécie, trazer novas bases teóricas para o cultivo do pirarucu e ampliar o conhecimento dos produtores e dos técnicos envolvidos para auxiliar na estruturação da cadeia. Vale ressaltar que esta publicação aborda informações apenas relativas à etapa de reprodução do pirarucu, sendo que as etapas de alevinagem, recria e engorda não estão contidas na obra.

Nos próximos anos, o Sebrae permanecerá tendo o compromisso estratégico de continuar fortalecendo o empreendedorismo do cultivo do pirarucu. Por isso, é muito importante garantir capacitação gerencial, acesso ao crédito, assistência técnica e licenciamento ambiental para que a atividade seja cada vez mais atrativa e sustentável. Boa leitura!

Luiz Eduardo Pereira Barretto Filho
Presidente do Sebrae



Prefácio

O pirarucu (*Arapaima gigas*) é um dos maiores peixes de água doce do mundo, podendo chegar a 3 m de comprimento e a 200 kg de peso. Embora autóctone nas Bacias do Amazonas e do Araguaia-Tocantins, muitos exemplares já foram levados para outras partes do Brasil e do mundo. Hoje, pode ser encontrado até mesmo em países distantes como a China.

Exposto em aquários ou tanques, o pirarucu sempre causa admiração pela sua beleza e imponência. E devido ao elevado valor comercial de seus produtos, bem como às características favoráveis para produção em cativeiro, esta espécie está se tornando uma das mais importantes na aquicultura brasileira e de outros países que possuem partes de seus territórios inseridas na Bacia Amazônica.

No entanto, apesar de sua importância biológica e zootécnica, o seu manejo reprodutivo ainda apresenta um desafio e lacunas tecnológicas que precisam ser preenchidas para que possamos explorar o pleno potencial desta espécie para a aquicultura.

Nesse intuito, a interlocução entre o MPA, o Sebrae e a Embrapa para direcionar esforços, recursos financeiros e pessoal técnico visando a elucidar e a aprimorar as metodologias de reprodução e produção da piscicultura do pirarucu constitui um marco para a atividade.

O Projeto “Pirarucu da Amazônia” tem por objetivos conhecer todas as informações inerentes à biologia e ao cultivo desta espécie, bem como divulgá-las a técnicos, a produtores e a pesquisadores, permitindo uma ampliação da produção deste peixe no cenário aquícola nacional.

A presente publicação vem contribuir de forma significativa para a disseminação de dados e observações de extrema relevância no fortalecimento da cadeia produtiva do pirarucu, focando no manejo dos plantéis de reprodutores, tópico em que persistem muitas dúvidas e aspectos ainda obscuros.

É com grande prazer e satisfação que o Ministério da Pesca e Aquicultura presta apoio a este Projeto, que conta com a participação de profissionais dedicados e competentes, cujo trabalho vem, a cada ano, elucidando as técnicas mais adequadas para o manejo e o cultivo desta que é uma das espécies mais significativas da ictiofauna amazônica.

Esperamos que os leitores encontrem aqui conhecimentos de grande valia para seus trabalhos com este peixe, facilitando o alcance de seus objetivos no grande esforço para colocar o pirarucu na posição que ele merece na aquicultura nacional e almejando, num futuro próximo, a exportação de produtos de elevado valor econômico que podem ser gerados.

Por último, ressalta-se a importância do Brasil investir mais em espécies nativas, conferindo maior sustentabilidade ambiental ao setor aquícola, que rapidamente desponta como um grande gerador de emprego e renda para o País.

Carlos Eduardo Martins de Proença
Chefe de Divisão - CACER/DAER/SEPOA/MPA



Sumário

Introdução	16
1 Formação do plantel	18
1.1 Domesticação	19
1.2 Formas de aquisição de reprodutores de pirarucu	21
2 Controle do plantel de reprodutores	23
2.1 Captura de reprodutores	24
2.1.1 Planejamento da captura na piscicultura	24
2.1.2 Captura com rede de arrasto	25
2.1.3 Manuseio dos animais	26
2.1.4 Transporte em curtas distâncias	30
2.2 Marcação física dos reprodutores	32
3 Controle sanitário de reprodutores	37
4 Alimentação de reprodutores	48
5 Estratégias de formação de casais	54
6 Sexagem do pirarucu	60
6.1 Observações do padrão de coloração	61
6.2 Concentração plasmática de vitelogenina	63
6.3 Concentração de esteroides gonadais	65
6.4 Ultrassonografia	65
6.5 Laparoscopia	66
6.6 Marcadores genéticos	67
7 Manejo genético de reprodutores	68
7.1 Número efetivo de reprodutores	71
7.2 Parentesco genético	73
7.3 Consanguinidade e heterose na produção	75
7.4 Métodos de controle da consanguinidade	77
7.4.1 Identificação da consanguinidade pelo pedigree	77
7.4.2 Identificação da consanguinidade pelo DNA	80
8 Registro de dados de produção	85
Referências	92
Apêndice – Procedimentos para coleta de sangue	100



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vem aumentando o interesse pelo cultivo de pirarucu *Arapaimas gigas*, conforme comprovam as estatísticas de produção da espécie em cativeiro, a qual saltou de 10,4 t em 2010, para 1.137,1 t em 2011 (BRASIL, 2011). O ano de 2014 é o primeiro ano em que a produção aquícola da espécie quase se igualou à produção pesqueira, a qual, por sua vez, vem se mantendo em torno de 1.200 t nos últimos anos. Essa é uma perspectiva animadora para a produção de pirarucu, principalmente porque reduz a pressão sobre os estoques naturais dessa espécie, que está em via de extinção, conforme registro da lista da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (Cites).

Apesar desse recente salto de produção, o cultivo dessa espécie ainda enfrenta o seu principal e mais urgente gargalo: a produção comercial de alevinos de pirarucu. O baixo domínio da reprodução controlada dessa espécie em cativeiro resulta em instabilidade na oferta e em alto custo dos animais jovens, o que vem dificultando o crescimento da produção. Há algumas décadas, o pirarucu vem sendo apontado como uma das espécies de maior potencial na piscicultura no Brasil; no entanto, entraves à reprodução limitam sua produção em larga escala.

Já existem informações básicas sobre manejo do plantel de reprodutores que podem contribuir para o aumento da produção de alevinos. Os autores deste livro buscaram sistematizá-las e disponibilizá-las para o setor produtivo. Os fatores que interferem na reprodução da espécie são abordados com um aprofundamento técnico, englobando discussões sobre manejo dos animais, formação de casais, sexagem, avaliação do estado sanitário e manejo alimentar.

Nesta publicação, também são divulgadas informações sobre o manejo genético de plantéis de reprodutores. Essa é uma temática pouco discutida no que respeita ao pirarucu e ainda incipiente para as espécies nativas em geral. Considerando o crescente interesse dos produtores pela espécie, associado ao início do processo de manejo de plantéis em muitos estados brasileiros, espera-se uma estruturação do setor de reprodução, com base na abordagem genética aqui apresentada. Esse pode ser um diferencial para a cadeia produtiva do pirarucu em um futuro próximo.

Estruturar a cadeia produtiva do pirarucu demandará, contudo, grande esforço por parte de todos os atores envolvidos. Pesquisas científicas vêm sendo desenvolvidas para o aprimoramento dos métodos e protocolos de produção da espécie. Ademais, o setor produtivo vem aprimorando os manejos de produção e ampliando o conhecimento sobre o pirarucu. Com isso, espera-se que o aumento da produção do pirarucu perdure e ganhe o destaque almejado pelo setor de piscicultura.



1

FORMAÇÃO DO PLANTEL

1.1. Domesticação

No processo natural de evolução, a chamada seleção natural resulta na melhor adaptação de uma população ao seu meio, em geral às condições de temperatura, de obtenção de recursos alimentares, de mudanças ambientais, entre outras. A seleção natural favorece a reprodução daqueles organismos cujas condições fisiológicas e morfológicas se adaptem ao ambiente, aumentando a frequência genética de determinada característica na população.

A domesticação das espécies vegetais e animais representa um processo evolutivo, mediado pelo homem, que busca adaptar as populações naturais às necessidades humanas. Nesse sentido, a domesticação também é uma forma de seleção de características.

O processo de domesticação é milenar e tem por objetivo adaptar animais e plantas às condições de cultivo, tanto como fonte de alimento (milho, bovinos, aves) para apoio ao trabalho (equinos) quanto como elemento ornamental ou de convívio doméstico (pombos, cães e gatos). Um bom exemplo de domesticação são os cães, em comparação com os lobos. A domesticação desses animais ocorreu ao longo de várias gerações, mantidas sob o controle humano, tornando os cães mais dóceis e adaptados às condições domésticas. A estimativa do início da domesticação dos cães está entre 14 mil a. C. e 18 mil anos a. C., embora outros registros datem de mais de 100 mil anos a. C.

Entre os peixes, o primeiro registro de domesticação foi o de carpas (*Cyprinus carpio*), entre 3 mil anos a. C. e 4 mil anos a. C. Foi iniciado por romanos e chineses (BARDACH et al., 1972), que, naquele momento, não possuindo conhecimentos sobre o ciclo reprodutivo e a reprodução artificial, iniciaram o processo de seleção de reprodutores, do que resultou a domesticação da espécie. Mais recentemente, outras espécies, como o salmão (*Salmo salar*) e a tilápia (*Oreochromis sp.*, *Tilapia sp.*), entraram em domesticação. Contudo, as espécies nativas do Brasil ainda não sofreram domesticação, o que resulta em problemas de homogeneidade na produção, como peso ao abate, comum na produção de pirarucus, redondos e surubins. Isso torna a piscicultura brasileira dependente de pacotes tecnológicos das espécies exóticas, enquanto a domesticação e a produção das espécies nativas não forem dominadas.

No Brasil, a domesticação tardia das espécies nativas de peixes foi decorrência da grande contribuição histórica da pesca para o suprimento de pescado no País, representando ainda hoje a principal fonte deste alimento. Contudo, o cenário nacional mudou e recentemente

essa domesticação vem sendo incentivada por várias razões. A primeira delas é que a pesca tradicional, do jeito como historicamente era praticada, não atendia mais às exigências do mercado internacional de pescado. No novo cenário internacional, o comércio de pescado estava condicionado à comprovação da origem do produto e ao comprometimento com a preservação dos ambientes naturais. Ademais, por conta de um mercado promissor, a produção aquícola no Brasil cresceu tanto que hoje está se equiparando à da pesca, com forte tendência de inversão nos próximos anos. A outra razão para essa tendência à domesticação é que, em geral, as espécies aquícolas têm alta fecundidade, o que dispensa a manutenção de um plantel com muitos reprodutores para garantir o suprimento de alevinos ao setor de engorda. O manejo inadequado dos plantéis de reprodutores também é um fator que motiva o interesse pela domesticação das espécies nativas, principalmente pela falta de registros de informações básicas sobre os animais, como origem, pedigree (relação de parentesco), pureza (contaminação por híbridos) e controle da reprodução. A ausência de programas públicos e privados de seleção e melhoramento contribuiu para que a domesticação não tenha ocorrido nas últimas décadas.

Entre as espécies nativas, a que exibe mais conhecimentos e registros históricos de domesticação é o tambaqui (*Colossoma macropomum*), em especial pelo trabalho realizado na década de 1980 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Peixes Continentais/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Cept/ICMBio), e, mais recentemente, pelo Programa de Melhoramento Genético iniciado pela Embrapa, o AquaBrasil. As demais espécies nativas com importante produção aquícola estão num estágio inferior, sobretudo no que concerne ao pirarucu, espécie de elevado potencial.

São inúmeras as vantagens apresentadas pelo pirarucu que justificam um esforço para iniciar a domesticação da espécie, a exemplo dos aspectos zootécnicos de produção, como rápido crescimento e boa conversão alimentar, competitividade de preço com outras espécies e possibilidade de exportação quando a cadeia estiver estabelecida. Somem-se a isso certas questões ambientais, como aquelas relacionadas à redução de estoques de pirarucus silvestres. Por esses motivos, os produtores têm aumentado o interesse pela produção do pirarucu em cativeiro, e a domesticação é etapa primordial para garantir o aumento da produção de forma sustentável e, consequentemente, contribuir para a conservação dos recursos genéticos dessa valiosa espécie.

Outros fatores, porém, desafiam a domesticação do pirarucu, tornando a produção mais difícil de ser controlada do que a das demais espécies nativas. São eles:

- Sua fecundidade é menor do que a de outras espécies, em virtude de gônadas atrofiadas e desovas parceladas (GODINHO et al., 2005).
- Os acasalamentos são naturais e, por isso, a reprodução em ambiente de cultivo foge a um estrito controle humano.
- Os animais adultos são de grande porte, chegando a medir 1,40 m quando alcançam a maturidade sexual, e pesando aproximadamente 40 kg, o que transforma seu manejo uma verdadeira batalha aquícola.

O baixo número efetivo de reprodutores, eventualmente oriundos de ambiente silvestre, não apresenta informação de procedência ou parentesco, bem como não traz dados zootécnicos a partir da marcação física individual, o que resulta em completa ausência de informações de consanguinidade e dados produtivos.

A domesticação do pirarucu representa, pois, um grande desafio à capacidade de inovação tecnológica da ciência atual; porém, é uma atividade compensatória, porque os ganhos genéticos serão permanentes e proporcionarão competitividade em comparação com as demais espécies de peixes.

1.2. Formas de aquisição de reprodutores

Um ponto crítico da produção do pirarucu é a formação do plantel de reprodutores, que tem sido feita de forma aleatória e sem controle, não levando em consideração, por exemplo, as aptidões do animal para se tornar um reprodutor de boa qualidade. Compare-se, por exemplo, com outros animais de produção, como bovinos, sobre os quais os produtores mantêm informações sobre pedigree, desempenho produtivo e identificação precoce de sexo. Em peixes, esse tipo de informação não é levado em consideração pela simples falta de controle dos plantéis.

Na reprodução do pirarucu, as formas tradicionais de aquisição de animais são: a coleta de reprodutores ou alevinos na natureza, a obtenção de formas jovens de pisciculturas e a troca de reprodutores entre elas. Esses métodos possuem desvantagens, pois o ideal seria

a composição do plantel com base nas seguintes indicações: a) aquisição de alevinos ou adultos provenientes de pisciculturas que controlam a procedência de seu plantel; b) com origens distintas, evitando também animais aparentados; e c) oriundos de bacias hidrográficas distintas, sempre com autorização dos órgãos competentes, e de acordo com a legislação municipal e a federal vigentes.

A desvantagem em utilizar lotes de reprodutores compostos por animais silvestres é a inexistência de um histórico zootécnico desses animais. Os peixes com essa origem, ao serem imediatamente submetidos ao ambiente confinado de piscicultura, manifestam comportamento muito agressivo, dificultando o manejo. Por exemplo, o treinamento alimentar desses peixes, para a aceitação da ração, é mais difícil e dispendioso. Ademais, a captura, o transporte e a comercialização do pirarucu silvestre (espécie ameaçada de extinção) é na maioria dos casos proibida e controlada pela legislação brasileira e pela Cites.

A compra de alevinos ou animais de engorda das pisciculturas é a forma mais comum de aquisição de reprodutores. No entanto, isso não impede que o lote adquirido seja constituído de animais irmãos ou meios-irmãos, uma vez que os produtores de alevinos, em geral, não possuem o controle do seu plantel de reprodutores. Com isso, corre-se o risco de adquirir um lote de animais aparentados, sobre os quais não há informações de origem, nem de desempenho dos pais, nem de pedigree.

Outra forma de aquisição de reprodutores é pela compra de lotes de alevinos de pisciculturas de diferentes estados, situadas geograficamente bem distantes umas das outras, com o intuito de formar um plantel com o máximo de diversidade genética possível.

A análise de DNA é a melhor maneira de definir o número exato de linhagens e direcionar a compra de reprodutores (ver, a propósito, o tópico Identificação da Consanguinidade pelo DNA). Contudo, como esse ainda não é um serviço de rotina nos laboratórios particulares, de universidades ou de centros de pesquisa, o conhecimento prévio da origem dos reprodutores e o registro sistemático de informações sobre os animais continuam sendo o método mais indicado para orientar a formação do plantel de reprodutores.

Recomendações técnicas

- Obter um plantel de reprodutores de pirarucu de procedência conhecida (indicação do rio, da bacia hidrográfica, da piscicultura, da idade).
- Utilizar reprodutores provenientes do setor produtivo e com histórico de domesticação.
- Dar preferência ao uso de alevinos provenientes de diferentes pisciculturas para a formação de um novo plantel.



CONTROLE DO PLANTEL DE REPRODUTORES

2.1. Captura de reprodutores

Em propriedades onde se trabalha com a reprodução de pirarucu, o manuseio dos animais é necessário em diversos momentos, como na transferência dos peixes entre viveiros ou barragens, em avaliações biométricas e sanitárias, na marcação física para a identificação individual e na coleta de material biológico. Considerando que reprodutores de pirarucu possuem, em geral, peso acima de 40 kg e comprimento superior a 1,70 m, o manuseio desses animais requer muito mais cuidados do que o exigido por outras espécies.

A captura dos animais é um procedimento que pode ser perigoso se não for realizado com os cuidados necessários, considerando que os peixes são de grande porte e saltam através da rede quando encurralados. O perigo envolve principalmente acidentes com os trabalhadores que estiverem na passagem da rede, ou seja, na área onde ocorrem os saltos.

Outro problema é a possibilidade de afogamento dos animais durante o manejo. Como o pirarucu tem respiração aérea, o afogamento pode ocorrer quando os animais são presos na rede ou quando vários animais forem capturados ao mesmo tempo, dificultando a subida deles até a superfície para respirar. A seguir, serão apresentados alguns cuidados, procedimentos e equipamentos que facilitam o manejo desses animais e minimizam os riscos de acidentes.

2.1.1. Planejamento da captura na piscicultura

Na etapa do planejamento da captura, deve-se considerar primeiramente as características do local onde os peixes serão manejados. A captura em viveiros escavados convencionais é a mais simples, principalmente quando é possível controlar o nível da água do viveiro. Reduzir o nível da água, possibilitando a visualização dos animais, torna a captura mais fácil e segura (Figura 1). A captura de peixes em barragens de grandes dimensões, onde não é possível o encurralamento do animal com uma rede de arrasto, é uma tarefa mais complicada, especialmente se a profundidade do reservatório for grande (maior que a altura da rede) e houver enroscos que possa impedir o uso de redes de arrasto. Nesses casos, a estratégia mais adequada é atrair o(s) peixe(s) para uma área de menor profundidade e bloqueá-la para a realização da captura. Se os peixes são acostumados ao consumo de ração comercial, essa pode ser utilizada como atrativo. Entretanto, é válido lembrar que é recomendado manejar os peixes quando estiverem em jejum.

Foto: Tácito Araújo Bezerra



Figura 1. Manejo do pirarucu (seta) com baixo nível de água no viveiro, permitindo a visualização do animal.

No planejamento da captura, também é importante verificar se todos os equipamentos necessários para o manejo estão disponíveis. Os equipamentos a serem utilizados variam de acordo com a finalidade do manejo. Nos itens abaixo, são apresentados alguns equipamentos utilizados no manejo do pirarucu.

2.1.2. Captura com rede de arrasto

Para a captura do pirarucu, recomenda-se a utilização de redes de arrasto. Redes de emalhe não são recomendadas, pois impedem que o peixe emalhado suba à superfície para respirar, podendo causar o seu afogamento.

Existem, ademais, riscos de acidentes com as pessoas que realizam a captura. Por esse motivo, é importante trabalhar com baixo nível de água nos viveiros, para facilitar a visualização dos animais. Em geral, 50 cm de profundidade é uma altura ideal da lâmina de água para o manejo adequado. Além disso, é muito importante que as pessoas que manipulam a rede de arrasto nunca se posicionem nem atrás nem dentro da rede (Figura 2). Isso porque o pirarucu, quando percebe que está cercado, tende a saltar sobre a rede, podendo, assim, atingir os trabalhadores e causar acidentes. As pessoas posicionadas nas pontas da rede estão, por esse motivo, em locais mais seguros, mas, ainda assim, devem estar atentas ao comportamento do peixe.

Para prevenir o risco de afogamento, o que pode ocorrer quando muitos animais são capturados em uma única passagem de rede, recomenda-se a captura de no máximo dois ou três animais por vez. Esse procedimento tem o intuito de evitar que, no momento do fechamento da rede, a agitação natural dos animais cause o afogamento



Foto: Lucas Simon Torati



Foto: Adriana Ferreira Lima

Figura 2. Trabalhadores posicionados corretamente, nas extremidades da rede de arrasto, no momento da captura do pirarucu, de forma a evitar acidentes (A e B).

de algum dos exemplares. Mais uma vez alerta-se para a necessidade de controlar a altura da água no viveiro, para que os animais estejam bem visíveis e, assim, seja possível posicionar a rede de forma a capturar o número de exemplares desejado.

2.1.3. Manuseio dos animais

Uma dificuldade encontrada no manejo dos reprodutores é a retirada dos animais da rede para o manuseio e o transporte. Nesse momento, podem ocorrer acidentes com os trabalhadores, em virtude da agitação dos animais presos na rede. Além disso, existe o risco de queda dos animais no momento da captura, pois a presença de muco na pele torna-os escorregadios, o que dificulta a sua contenção. A queda de um reprodutor de pirarucu muitas vezes pode causar sua morte, sobretudo se ele sofrer uma pancada na cabeça. Por isso, para a retirada dos animais da rede e a contenção, sugere-se a utilização de uma camisa de força ou puçá. Na camisa de força, que é um apetrecho de fácil confecção, uma das extremidades é completamente aberta, e utilizada para a entrada do peixe, enquanto a outra extremidade é fechada por um fio espesso, mas fácil de ser desamarrada para a retirada do peixe. Como a extremidade aberta da rede é colocada na cabeça do peixe, ele se movimenta para a frente, auxiliando o manipulador no serviço de captura. Lembrar que o fio na outra extremidade deve ficar fechado (Figura 3).

Tão logo esteja dentro da camisa de força, os movimentos do peixe se tornam limitados, deixando-o mais calmo se comparado com o manuseio sem o emprego desse apetrecho. Reporta-se com frequência que a ausência de luz diretamente sobre os olhos do peixe tem efeito tranquilizante, sendo essa também uma recomendação importante durante o manuseio do peixe.

Outro fator que deve ser considerado é o tempo de manuseio do animal fora da água. Aproximadamente 90% da capacidade respiratória do pirarucu está relacionada à respiração pulmonar, sendo os 10% restantes relacionado às brânquias (BRAUNER; VAL, 1996). As brânquias, contudo, são essenciais para os processos de excreção do animal, sobretudo para a liberação de CO_2 . Entretanto, mesmo podendo suportar longos períodos fora da água, deve-se manter úmida a pele do peixe, o tempo todo. Essa prática é fundamental e ajuda a reduzir o estresse do manejo e a manter a temperatura corporal em condições adequadas.



Foto: Tácito Araújo Bezerra



Foto: Adriana Ferreira Lima



Foto: Tácito Araújo Bezerra



Foto: Eduardo Sousa Varela

Figura 3. Camisa de força utilizada para facilitar o manejo do pirarucu (A); visualização das extremidades que ficarão aberta e fechada por um fio espesso durante o manejo (B); trabalhador posicionado para a captura do pirarucu com a camisa de força (C); pirarucu contido pela camisa de força (D).

Para a fabricação de uma camisa de força, são necessários: uma panagem de multifilamento de até 15 mm entre nós, nas dimensões de 2,20 m de comprimento por 3,0 m de altura; um rolo de linha de multifilamento; 2,0 m de corda de seda de nylon de 6 mm; 2,0 m de corda de nylon torcida de 20 mm; e 2,0 m de fio elétrico de 10 mm. As Figuras 4 e 5 mostram o “passo a passo” das costuras e os cortes necessários para a confecção da camisa de força. Sebrae (2013b) sugere um apetrecho semelhante para a captura dos reprodutores, com a diferença de que, na extremidade aberta, é colocada uma armação de aço com um cabo. Essa também é uma possibilidade, devendo o produtor verificar a opção que mais facilita o manejo dos animais.

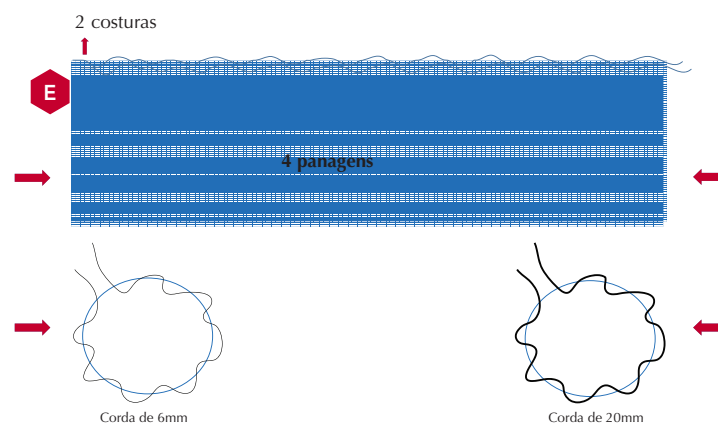
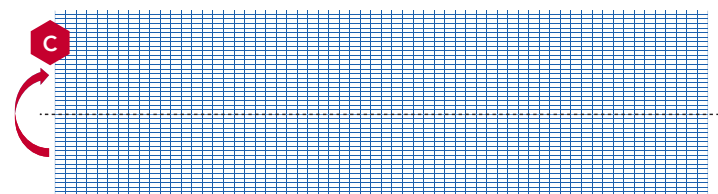
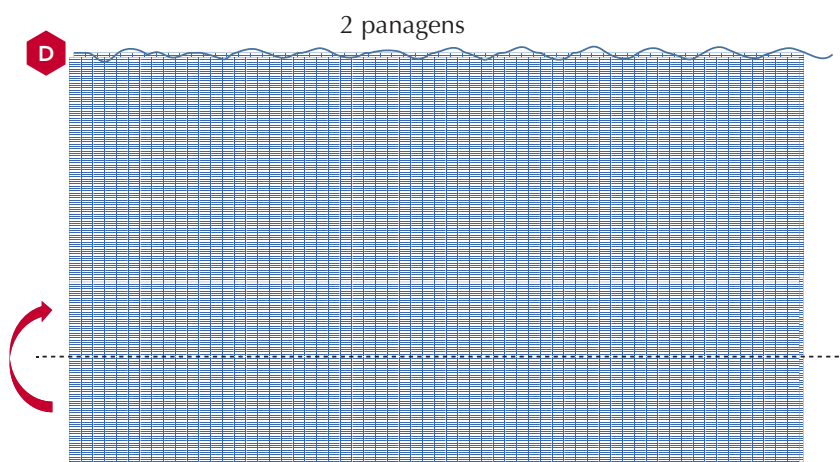


Figura 4. Confecção da camisa de força: primeira costura da panagem, com a junção dos lados de maior comprimento (A, B e C); segunda costura, fazendo novamente a junção dos lados de maior comprimento da panagem (D), de maneira a formar um tubo com panagem dupla, cuja extremidades serão trabalhadas com cordas de 6 mm e 20 mm (E). A formação do tubo com panagem dupla fornece mais resistência a esse apetrecho.



Figura 5. Confeção da parte aberta e fechada da camisa de força: passagem da corda de 6 mm em uma das extremidades do tubo, formando a parte da camisa de força que ficará fechada durante o manejo, sendo aberta apenas no momento da retirada do animal do apetrecho (A e B). Fixação da corda de 20 mm na outra extremidade do tubo, formando a parte da camisa de força que ficará aberta durante o manejo e ajudará na captura do reprodutor (C e D). Observe que dentro da corda de 20 mm há um fio elétrico de 10 mm, que dará maior sustentação a essa extremidade da camisa de força e a tornará flexível para auxiliar na captura dos animais.

2.1.4. Transporte em curtas distâncias

Alguns manejos, como a troca de reprodutores entre viveiros, exige o transporte de animais em curtas distâncias. Depois de capturado em uma camisa de força, o pirarucu pode ser transportado, com segurança, em curtas distâncias, por meio de uma maca de transporte (Figura 6). A maca dá mais segurança a esse procedimento, pois disponibiliza um ponto fixo de apoio para as pessoas que estão carregando o animal, ao mesmo tempo que deixa o corpo livre na lona da maca. Assim, mesmo que o peixe faça movimentos bruscos, o risco de queda é mínimo. A maca deve ser conduzida por duas ou mais pessoas, de acordo com o peso do animal. As pessoas que transportam o peixe devem se posicionar fora da linha de alcance dos movimentos do peixe, minimizando, assim, os riscos de acidentes com funcionários.

Foto: Tácito Araújo Bezerra



Figura 6. Maca utilizada para transporte do pirarucu em curtas distâncias.

Para a fabricação de uma maca, é necessária uma lona do tipo carga, nas dimensões de 1,80 m de comprimento por 1,0 m de largura, e dois cabos de madeira, com o comprimento de 2,4 m. A Figura 7 mostra como confeccionar uma maca para o transporte de pirarucu.

As extremidades da maca também podem ser fechadas, formando, assim, uma grande bolsa, conforme sugerido por Sebrae (2013b). Nesse caso, devem ser colocados ilhoses ou deixadas aberturas no fundo da maca, de forma a drenar a água que se acumula, pois esse apetrecho é utilizado para o transporte rápido dos animais sem a presença de água. As duas formas da maca têm a mesma finalidade, devendo o produtor optar por aquela que melhor atenda aos seus interesses.

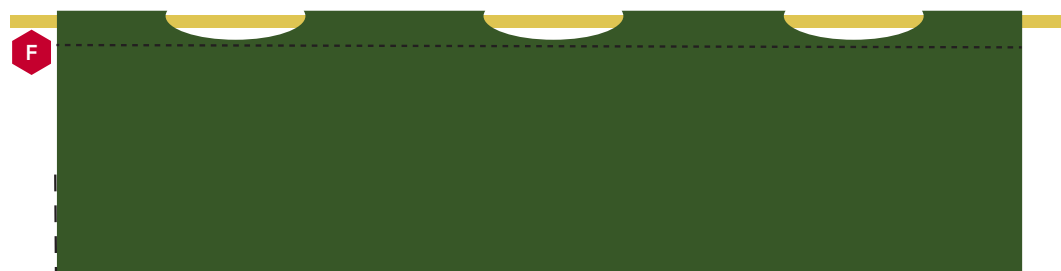
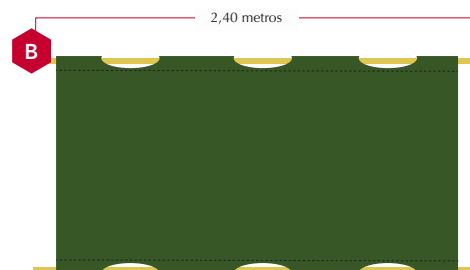
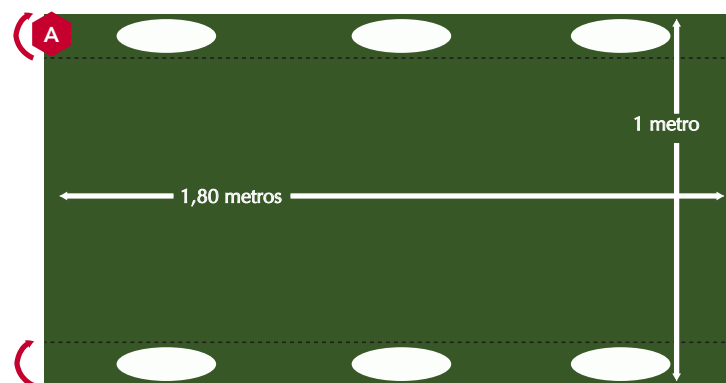


Figura 7. Confeção de maca para o transporte de pirarucu: dimensões da lona do tipo carga e localização dos cortes ovais nas extremidades, que possibilitarão a passagem de um cabo (A); tamanho e posicionamento do cabo, que deve ter maior comprimento do que a lona para prover o local de apoio dos trabalhadores no momento do transporte (B); costura a 30 cm da borda da lona, formando o local de passagem do cabo, com 15 cm de altura (C e D); lona com as costuras no local de passagem do cabo (E); esquema da maca pronta (F). O pontilhado na esquerda, em uma das extremidades, representa a costura que deve ser feita para a contenção do animal no momento do transporte.

Fotos: Adriana Ferreira Lima

2.2. Marcação física dos reprodutores

A marcação física individual de peixes é uma metodologia de uso crescente nas pisciculturas brasileiras. O principal ganho com esse investimento, considerado de baixo custo, é a possibilidade de acompanhamento completo dos plantéis, o que pode resultar em uma maior eficiência na produção e maior rentabilidade.

Existem diversas formas de marcação física dos animais, que apresentam vantagens e desvantagens (Tabela 1).

Tabela 1. Métodos de marcação física individual de peixes.

Forma de marcação	Vantagens	Desvantagens
Secção de raios da nadadeira	Baixo custo	Pouca durabilidade Extensa lesão das nadadeiras Risco de infecção
Marcadores de plástico	Baixo custo	Possibilidade de perdas da marca durante o manejo por enroscamento em rede Infecção na área onde a marca foi aplicada Possibilidade de lesões nos locais onde os marcadores entram em atrito com o corpo
Microchip subcutâneo ou intramuscular (tag eletrônico)	Maior durabilidade Código numérico único por peixe Baixa possibilidade de perda da marca Baixo risco de infecção Custo/benefício baixo	Alto custo Prazo de validade limitado, com necessidade de rechipagem do peixe quando finda esse prazo, que varia de 3 a 5 anos



Figura 8. Microchip e aplicador utilizado para a marcação física individual de peixes.

A marcação dos reprodutores permite o controle ou gerenciamento do plantel em relação a dados importantes, como: origem do animal (rio, bacia hidrográfica ou piscicultura), idade do animal para o controle da reprodução, da formação e da manutenção de casais, sexo dos animais no lote, monitoramento do número de reproduções de cada animal (casal formado) formado, dados zootécnicos e sanitários, conforme será visto no tópico Registro de Dados de Produção.

A marcação de peixes com o uso de microchips (tags eletrônicos) (Figura 8) é o procedimento mais indicado e seguro para a marcação de peixes. É também o método atualmente mais adotado nas pisciculturas, considerando que os custos de uso dessa tecnologia vêm diminuindo consideravelmente nos últimos anos. Atualmente, cada microchip custa cerca de R\$ 10,00, mas existe ainda o custo com a compra do leitor de microchip, cujo valor varia conforme o fabricante (em torno de R\$ 900,00)¹. Além disso, ao comprar o leitor de microchip, é recomendado adquirir um modelo que faça a leitura universal de todos os tipos de microchips eletrônicos comercializados, para não se correr o risco de implantar um microchip que não poderá ser lido pelo equipamento.

Atenção especial deve ser dada ao prazo de validade dos microchips. Informação que também deve ser registrada em planilha, para que a aplicação de novos tags seja feita antes do vencimento do anterior, evitando, assim, a perda do controle do plantel.

Em geral, a base da nadadeira dorsal do peixe é o local indicado para a aplicação do microchip em peixes, sendo o lado esquerdo do animal o mais comumente utilizado. Contudo, considerando o grande comprimento de reprodutores de pirarucu, a aplicação do microchip na região lateral esquerda à nadadeira dorsal contempla uma extensa área, que poderia dificultar a localização do microchip em uma posterior leitura dos dados (Figura 9).

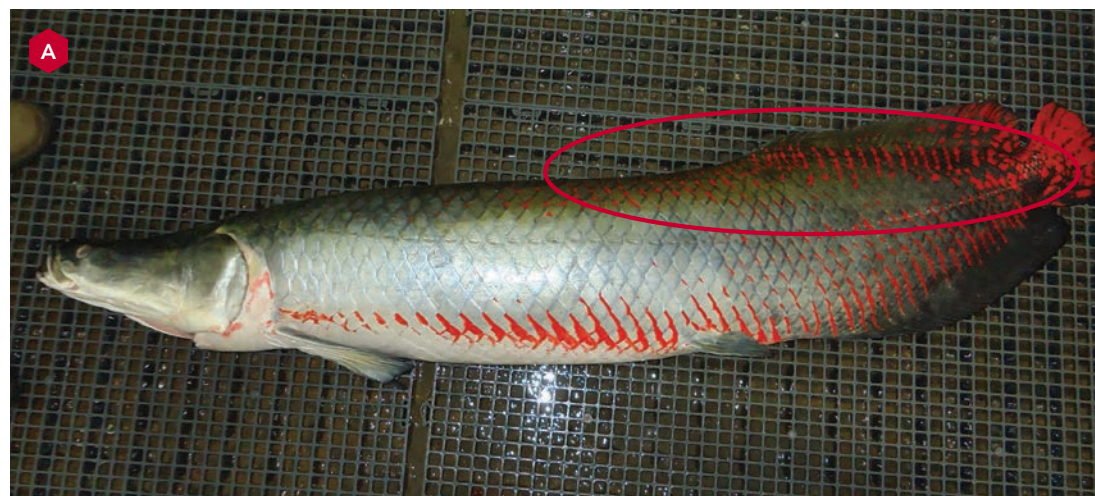


Foto: Adriana Ferreira Lima



Foto: Tácito Araújo Bezerra

Figura 9. Região do corpo do peixe onde tradicionalmente se faz a aplicação do microchip, também escolhida na marcação de outras espécies de peixes (A); marcação do pirarucu na região lateral da nadadeira dorsal, no lado esquerdo (B).

¹ Valores consultados em 2014.

Por esse motivo, algumas pisciculturas adotam a implantação dos microchips na região dorsal, imediatamente atrás da cabeça (Figura 10). Essa região é de fácil visualização, especialmente porque permite a contagem do número de escamas a partir do término da cabeça, facilitando a padronização.

Dessa forma, é importante ressaltar que seja padronizado um único local na propriedade para a aplicação dos microchips, mas que pode ser escolhido o local que o produtor considerar mais conveniente ao manejo.

Outro ponto importante a ser considerado nesse procedimento é que, de acordo com o tamanho do reprodutor marcado, seja preciso retirar uma das escamas para a aplicação intramuscular do microchip, pois as escamas têm tamanho relativamente grande, o que pode impedir que a agulha de aplicação do microchip alcance o músculo. Geralmente, com o auxílio de um alicate, retira-se a quarta escama, local onde é inserido o microchip. Caso a agulha não seja injetada corretamente na musculatura do animal, pode ocorrer retorno e, conseqüentemente, o escape do microchip para o ambiente, com a conseqüente perda da marcação (Figura 11). A aplicação do microchip na região subcutânea também pode ser considerada; contudo, a aplicação nessa região tem favorecido a migração do microchip para outros locais do corpo, perdendo-se, assim, o local exato de leitura. Por isso, recomenda-se a aplicação intramuscular do microchip.

Foto: Adriana Ferreira Lima



Figura 10. Região dorsal logo após a cabeça, também indicada para a implantação de microchips em pirarucus.



Figura 11. Contagem da quarta escama a partir do final da cabeça (A); retirada da escama por meio de um alicate (B); posicionamento da agulha na região exposta (C); aplicação do microchip na região intramuscular do reprodutor (D).

Recomendações técnicas

- Para criar condições adequadas, todo o manejo de animais na propriedade deve ser planejado.
- Recomenda-se trabalhar com baixo nível de água na estrutura de cultivo no momento da captura dos reprodutores.
- Recomenda-se que os trabalhadores se posicionem nas extremidades da rede, no momento da captura, a fim de evitar acidentes, caso os peixes saltem.
- Não devem ser capturados muitos reprodutores em cada passagem de rede.
- Recomenda-se utilizar apetrechos específicos para o manejo do pirarucu, a fim de evitar acidentes com os manipuladores e os peixes.
- Recomenda-se fazer a marcação física individual dos peixes, de preferência com microchip, como procedimento básico para o controle do plantel.
- O local escolhido do corpo onde os animais serão chipados deve ser padronizado na propriedade.

A retirada da escama para a implantação do microchip só é necessária em reprodutores com peso superior a 60 kg. Em peixes menores, não é preciso remover a escama, bastando levantá-la para fazer a aplicação do microchip. É importante aspergir álcool iodado, antibiótico de uso tópico ou pomada cicatrizante com antibiótico no local de inserção do microchip, para evitar infecções secundárias. Após a aplicação do microchip, deve-se confirmar o sucesso da aplicação por meio da leitura do microchip com o leitor, conforme ilustrado na Figura 12.



Foto: Lucas Simon Torati

Figura 12. Confirmação da implantação do microchip pela leitura dos dados com o leitor.



CONTROLE SANITÁRIO

DE REPRODUTORES

A reprodução controlada e a produção de alevinos saudáveis são fatores fundamentais para viabilizar a cadeia produtiva piscícola comercial. No caso do pirarucu, diferentemente da maioria de outras espécies de peixes comerciais, a reprodução ainda é natural, e ocorre nos próprios viveiros ou barragens de cultivo. Os alevinos são então coletados por meio de uma rede ou puçá e mantidos em laboratório para treinamento alimentar. Esse método de reprodução, contudo, permite a ocorrência de duas formas de transmissão de doenças: a vertical e a horizontal.

A vertical compreende a transmissão de patógenos² dos pais para a prole, por meio dos gametas (ovócitos e espermatozoides). Quando a fertilização é in vitro ou há a coleta de ovos, é possível realizar a desinfecção desses. Como, para o pirarucu, o procedimento mais comum é a coleta da prole jovem, essa desinfecção não pode ser realizada (Figura 13A).

A transmissão horizontal se dá pela transferência de patógenos pelo contato entre um peixe doente e outro sadio, por meio de redes, por meio de utensílios de manejo ou água contaminados. A contaminação dificulta o manejo sanitário dos alevinos, uma vez que as larvas, ao nascerem, já terão contato com potenciais patógenos, provenientes do meio ambiente e dos reprodutores (Figura 13B).

Enquanto esse método de reprodução prevalecer, teremos de trabalhar em outros métodos de abordagem de manejo sanitário para o pirarucu, começando com os reprodutores.

Até a presente data, foram registradas apenas doenças parasitárias em pirarucus, sendo descritas 27 espécies de parasitos em animais silvestres e de cultivo (Tabela 2, Figura 14). Como provavelmente uma parcela do plantel de reprodutores de pirarucu nas pisciculturas, em geral, tem origem silvestre, é possível que os animais de criação também apresentem uma carga parasitária semelhante à do animal silvestre.

² Organismos (parasitos, bactérias, fungos e vírus) que causam ou podem causar doenças.

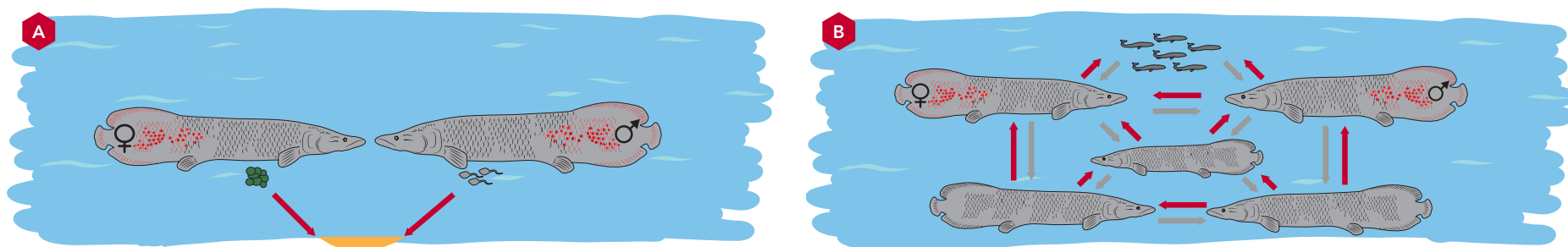


Figura 13. Representação das formas de transmissão vertical (A) e horizontal (B) de patógenos entre reprodutores de pirarucu e sua prole no processo de reprodução natural.

Condições de criação, confinamento, nutrição não balanceada e estresse inerente às atividades de manejo são fatores que contribuem para a redução da imunidade em peixes e favorecem o desenvolvimento e a multiplicação de patógenos. No ambiente natural, os patógenos convivem em equilíbrio com os peixes, sem causar grandes danos; contudo, no cativeiro, podem comprometer a saúde dos peixes.

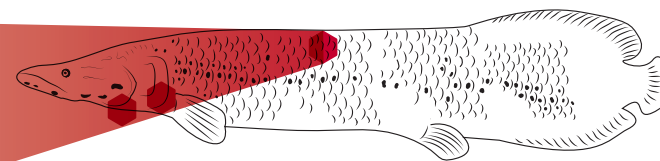
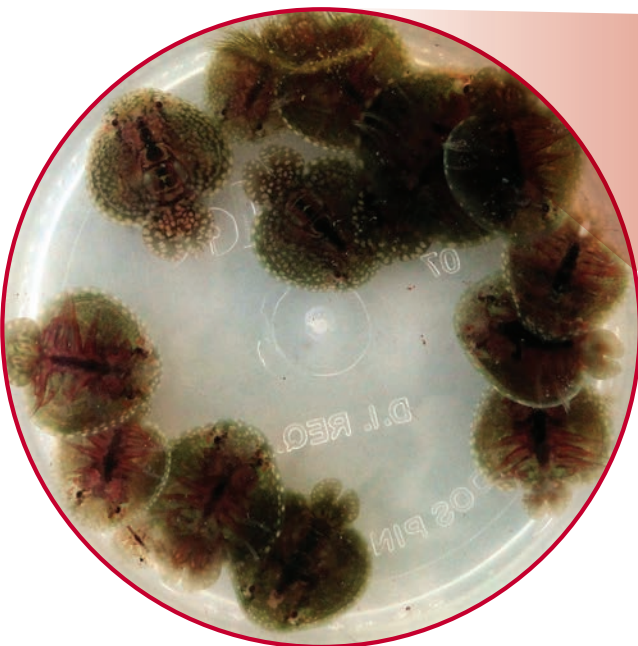
Tabela 2. Parasitos descritos para pirarucus silvestres e de cultivo.

Grupo de parasitos	Localização do parasito no peixe	Espécies de parasitos
Parasitos externos (ectoparasitos)⁽¹⁾		
Monogenea	Brânquias	<i>Dawestrema cycloancistrioides/Dawestrema cycloancistrum/Dawestrema punctatum</i>
Branchiura ("piolhos" ou "carrapatos")	Pele (superfície do corpo) Opérculos	<i>Argulus sp./Dolops sp./Dolops discoidalis</i>
Protozoa	Pele (superfície do corpo) Brânquias	<i>Trichodina sp.⁽³⁾/Trichodina heterodentata⁽³⁾</i>
Copepoda	Narinas	<i>Ergasilus sp.</i>
Parasitos internos (endoparasitos)⁽²⁾		
Myxozoa	Brânquias Bexiga natatória (pulmão)	<i>Henneguya arapaima</i>
Nematoda (vermes arredondados)	Boca/Língua/Opérculos/Cabeça	<i>Rumai rumai</i>
	Bexiga natatória (pulmão)	<i>Nilonema senticosum</i>
	Estômago/Intestino/Cecos pilóricos	<i>Goezia spinulosa/Terranova serrata/Procamallanus rarus/Procamallanus inopitatus/Gnatostoma gracilis/Camallanus tridentatus/Capillostrongyloides arapaimae/Hysterothylacium sp.⁽³⁾</i>
Digenea (vermes achatados ou em formato de folha)	Cavidade abdominal	<i>Nesolecithus janicki/Shizochœrus ligulideus</i>
	Intestino	<i>Caballerotrema arapaimense/Caballerotrema brasiliense/Caballerotrema piscicola</i>
Acantocephala (vermes)	Intestino	<i>Polyacanthorhynchus macrorhynchus/Polyacanthorhynchus rhopalorhynchus</i>
Pentastomida	Estômago	<i>Sebekia sp.</i>
Protozoa	Fígado	<i>Calyptospora sp.⁽³⁾</i>

⁽¹⁾Ectoparasitos: parasitos que se alojam na superfície do corpo dos hospedeiros e promovem lesões na pele e nos tecidos adjacentes em decorrência da fixação, da locomoção e da alimentação. ⁽²⁾Endoparasitos: parasitos que vivem dentro do corpo de seus hospedeiros. ⁽³⁾Parasitos descritos em alevinos e indivíduos jovens de pirarucu.

Fonte: Andrade-Porto et al. (2015), Bonar et al. (2006), Eiras et al. (2010), Feijó et al. (2008), Gomes et al. (2006), Mathews et al. (2014), Menezes et al. (2011), Miranda et al. (2012), Moravec et al. (2006), Portes-Santos e Moravec (2009), Santos et al. (2008) e Thatcher (2006).

Foto: Patricia Oliveira Maciel



Branchiura: *Dolops* sp. e *Argulus* sp.

Nome comum:

Piolhos dos peixes, Carrapatos dos peixes

Localização:

Superfície do corpo, opérculos

Coloração do parasito:

Esverdeada

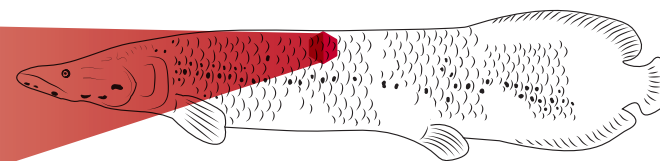
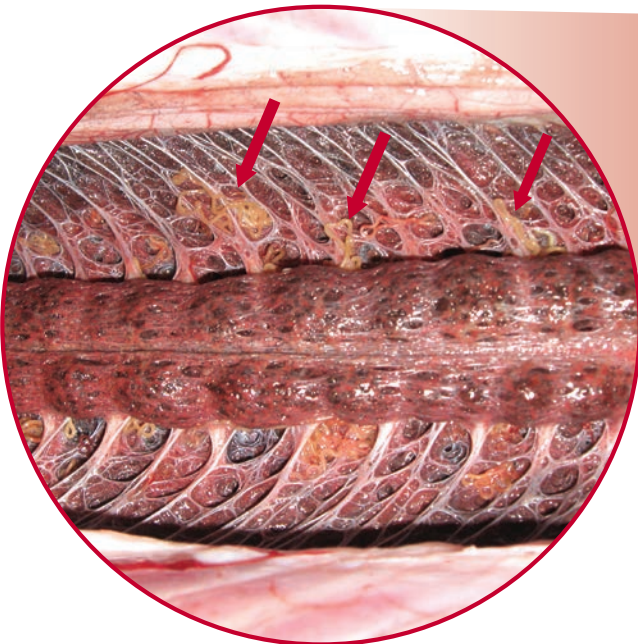
Visualização: - - - - -



É visível a olho nu

Mede até 1,5 cm

Foto: Leandro Kanamaru



Nilonema senticosum

Nome comum:

Vermes redondos do pulmão, nematóides

Localização:

Bexiga natatória (pulmão)

Coloração do parasito:

Amarelada ou avermelhada

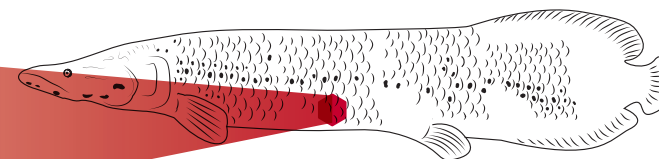
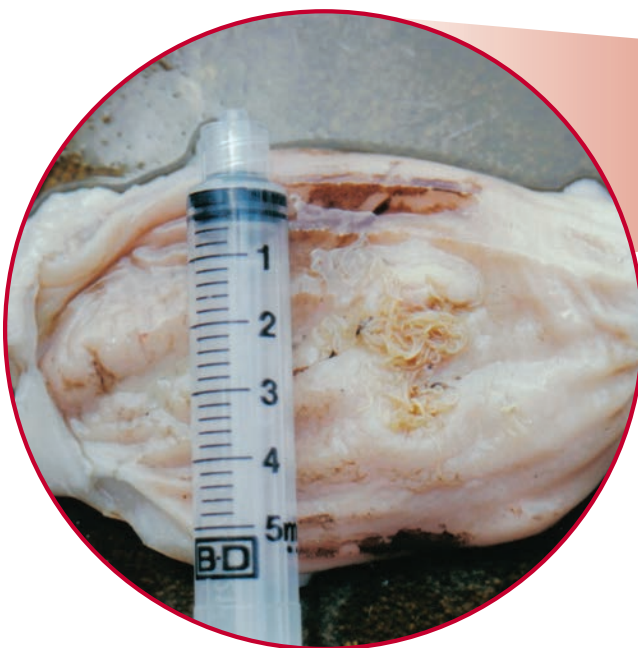
Visualização: - - - - -



É visível a olho nu

Mede 1 cm

Foto: Tácito Araújo Bezerra



Goezia spinulosa

Nome comum:

Vermes redondos do estômago, nematóides

Localização:

Estômago

Coloração do parasito:

Amarelada ou esbranquiçada

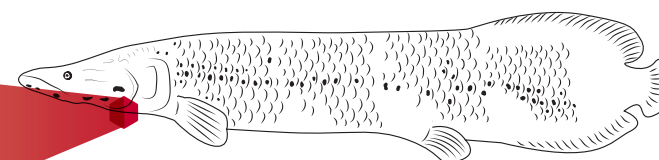
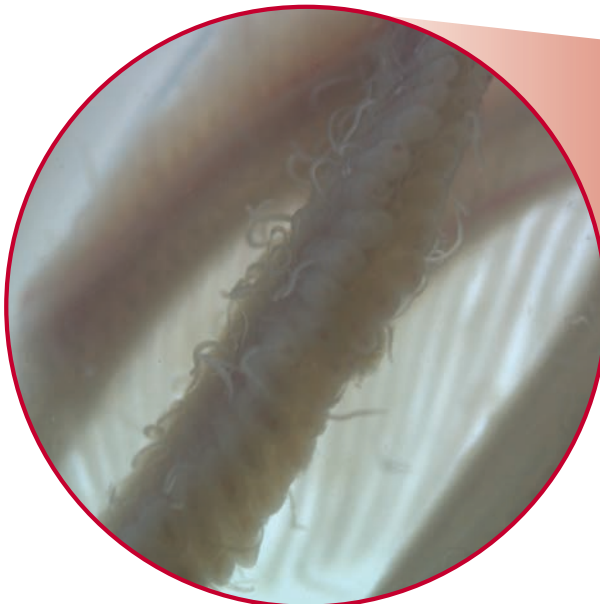
Visualização: - - - - -

É visível a olho nu

Mede até 1,6 cm



Foto: Patrícia Oliveira Maciel



Monogenea

Nome comum:

Vermes das brânquias

Localização:

Brânquias

Coloração do parasito:

Esbranquiçado, transparente ou escurecido

Visualização: - - - - -

Não é visível a olho nu.

Necessita da ajuda de um microscópio ou lupa



Figura 14. Parasitos mais comuns em reprodutores de pirarucu.

Pergunta-se: como realizar o manejo sanitário dos reprodutores? É possível realizar uma avaliação dos animais ao longo do ciclo produtivo observando sinais clínicos indicativos de doenças, estando os peixes ainda na água, por meio da observação visual. Caso seja detectada alguma anormalidade no comportamento, lesões externas ou presença de parasitos, deve-se avaliar a necessidade de captura do animal para fazer uma melhor avaliação, a coleta de amostras ou tratamento. Mas, quando os viveiros ou barragens são de grande extensão ou quando a coloração da água e a incidência de luz não permitem visualizar os animais, a única forma de avaliação é mesmo no momento da captura. Então, devem-se aproveitar situações de manejo para a marcação física, a biometria e transferências, para que seja feita essa avaliação sanitária mais criteriosa.

No momento do manejo, deve-se investigar criteriosamente as seguintes áreas: a região da cabeça, dentro dos opérculos, as brânquias, os olhos, as regiões dorsal e ventral do corpo, as nadadeiras e a região urogenital. Devem-se buscar alterações, como a presença de lesões, cistos ou úlceras, alterações de coloração localizadas ou extensas (avermelhada, esbranquiçada, escurecida), áreas inflamadas ou machucadas, e parasitos externos (ectoparasitos) (Figura 15). A avaliação desses sinais clínicos pode orientar em mudanças de manejo ou estimular medidas para sanar tais problemas, como, por exemplo, quando se identificar que as lesões são resultantes de brigas entre os reprodutores, ou decorrentes da presença de peixes invasores (como piranhas) ou de objetos cortantes no viveiro.

Os ectoparasitos de peixes visíveis a olho nu são, em geral, os crustáceos conhecidos como “piolhos-dos-peixes” ou “carrapatos-dos-peixes”, pertencentes ao grupo Branchiura (ver Tabela 2). A depender da sua forma de fixação no hospedeiro, da sua locomoção e da sua alimentação, eles podem provocar irritação, coceira e inflamação local, fazendo os peixes se esfregarem nas superfícies do viveiro, nos taludes e no fundo, provocando ainda mais lesões e a possibilidade de desenvolvimento de infecções secundárias (Figura 16). Como esses parasitos se alimentam do sangue do hospedeiro, uma alta carga parasitária pode desencadear severa anemia nos reprodutores (Figuras 15D). Podem induzir também a uma hiperpigmentação da pele, como ocorre em tilápias (NOGA, 2001), ou mesmo o comprometimento da reprodução. Durante o período reprodutivo, a manutenção das características sexuais secundárias, como a coloração, canaliza muita energia por parte dos reprodutores; dessa forma, a presença de parasitos pode indiretamente afetar a seleção de parceiros e o acasalamento (SCHRECK, 2010). Além disso, o estresse causado pela irritação provocada pelo parasito pode comprometer diretamente a reprodução dos peixes. Por isso, na formação de casais, deve ser avaliada a seleção de reprodutores parasitados, levando em consideração as influências na reprodução, bem como a prevenção de transmissão de doenças para reprodutores saudáveis e, futuramente, para a prole.



Foto: Lucas Simon Torati



Foto: Patrícia Oliveira Maciel



Foto: Patrícia Oliveira Maciel

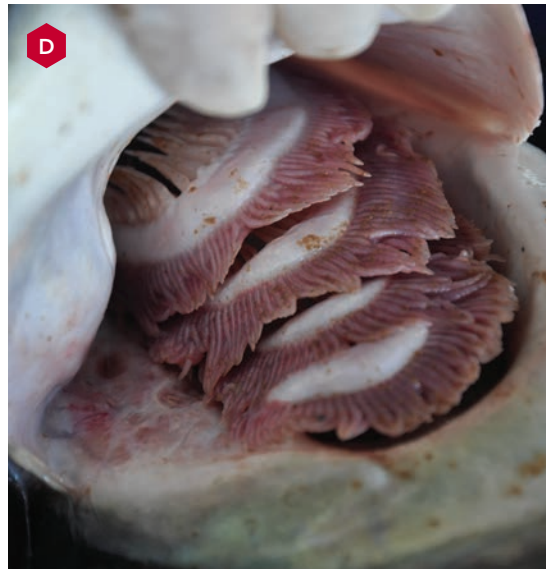
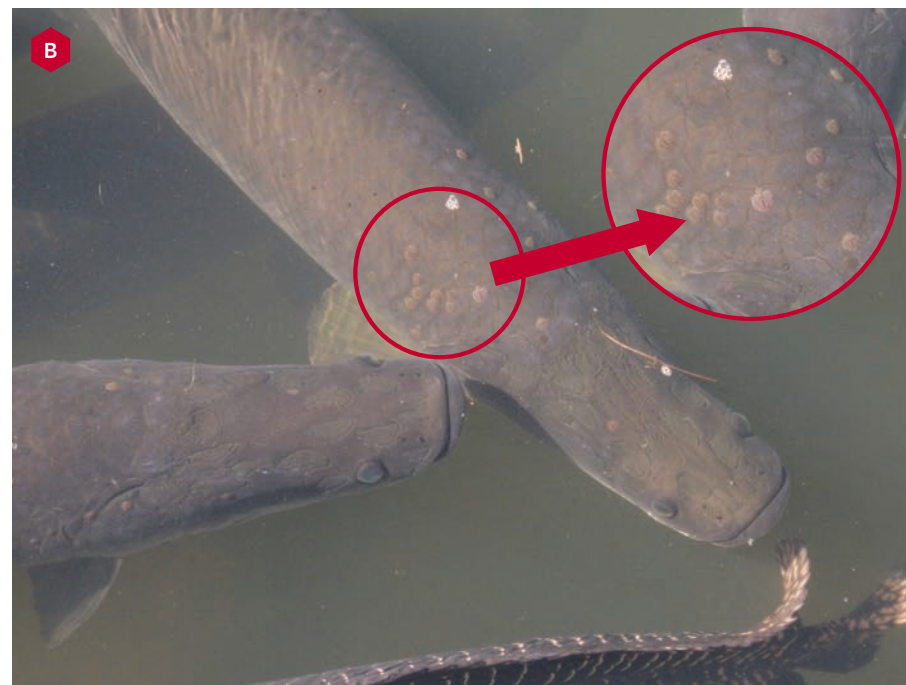


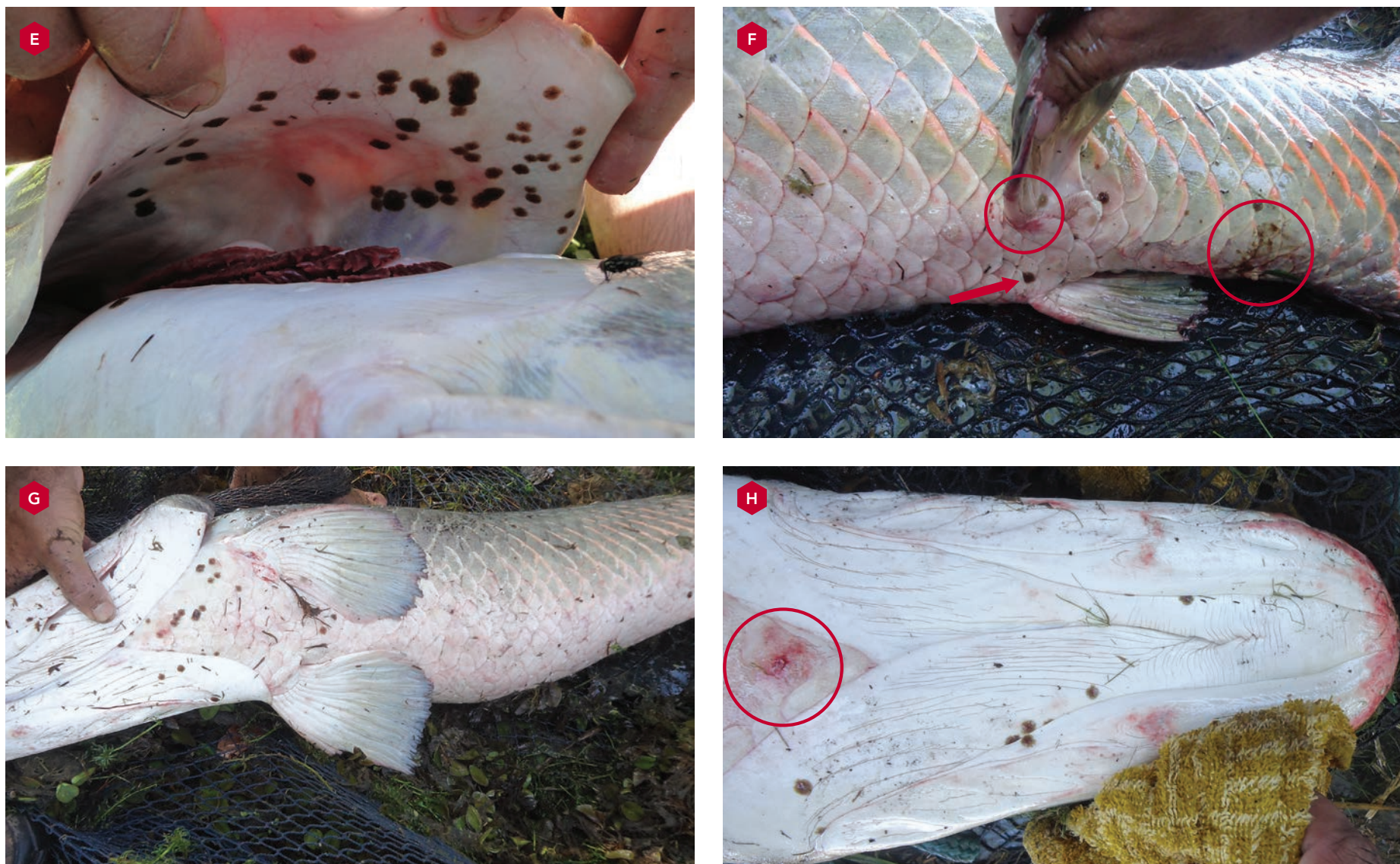
Foto: Carlos José Hoff de Souza



Foto: Carlos José Hoff de Souza

Figura 15. Sinais clínicos que podem ser observados na avaliação sanitária de um reprodutor de pirarucu: lesões na cabeça (A); alterações na base da nadadeira (B); brânquias avermelhadas e brilhantes em um animal sadio (C); brânquias esbranquiçadas em um animal com anemia acentuada (D); nadadeiras recortadas (setas) por mordidas de peixes invasores, como piranhas (E).





Fotos: Patrícia Oliveira Maciel

Figura 16. Ectoparasitos (Branchiura, “piolhos-dos-peixes”) detectados a olho nu, por meio de observação visual de pirarucus no viveiro (A e B); e em avaliação durante manejo de captura, parasitos na cabeça e na região anterior do corpo (setas) (C), sob as escamas (D) e dentro do opérculo (E); lesão na base das nadadeiras e na região ventral (círculos) provocada por esses ectoparasitos (seta) (F); animal em estado de magreza extrema, com lesões avermelhadas por toda a região ventral do corpo e presença de ectoparasitos, principalmente na região ventral próxima à cabeça (G); lesão na boca e na junção dos opérculos (círculo) (H). As lesões descritas foram provocadas pelo arrasto contínuo do reprodutor de pirarucu no fundo e nas laterais do viveiro, resultado da alta carga parasitária.

Dados de Identificação da Amostra

1. Nome (do proprietário ou responsável da propriedade)
2. Contato telefônico, e-mail e endereço
3. Nome comum e científico (se possível) do peixe
4. Número do microchip do peixe
5. Peso, comprimento e idade do peixe
6. Data em que foi realizada a coleta da amostra
7. Local ou órgão coletado (cada frasco corresponderá a um órgão ou local de coleta)
8. Local de manutenção do peixe: viveiro, barragem ou outra estrutura (descrever)
9. Histórico da doença ou do óbito do reprodutor, histórico de mortalidades na propriedade, situações diferentes do habitual (manejos recentes, alimentação), condições de qualidade da água, outro fator que considerar importante.

Figura 17. Principais dados a serem inseridos na identificação de amostras para análise sanitária.

Recomenda-se que os viveiros para a recepção de casais formados devem ser desinfetados com cal virgem (200 g/m^2 a 400 g/m^2), que deve ser espalhada por toda a superfície do viveiro e nas poças de água temporárias. Além disso, recomenda-se a instalação de telas na entrada de água (o mínimo de $300 \mu\text{m}$) para a contenção de parasitos, ovos, peixes invasores e outros patógenos que chegam por meio da água de abastecimento, e podem funcionar como hospedeiros intermediários de patógenos, e, assim potenciais transmissores de doenças (HERNÁNDEZ, 2000; IWASHITA; MACIEL, 2013).

Sabe-se que a alimentação de reprodutores de pirarucu consiste, atualmente, em peixes forrageiros invasores ou introduzidos. Essa prática deve ser evitada; contudo, não sendo possível, os peixes devem ser de origem conhecida e devem ser introduzidos de forma controlada no viveiro de reprodutores, preferencialmente utilizando peixes de cativeiro. Outra medida é ofertar peixes previamente congelados. Essas técnicas podem reduzir a infestação por endoparasitos.

A limpeza e a desinfecção dos utensílios de uso comum, como redes, puçás e baldes, é uma etapa importante do manejo sanitário dos reprodutores para evitar, principalmente, a transmissão horizontal de doenças. Caso tenha sido detectada a presença de ectoparasitos em um viveiro, deve-se isolar o material usado nesse viveiro ou proceder à limpeza e à desinfecção após o uso. Para esse procedimento, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- Lavar os utensílios com água corrente ou sob pressão, para a retirada de matéria orgânica, sujidades e resíduos grosseiros.
- Aplicar, por imersão ou aspersão, um desinfetante à base de cloro. Por exemplo, água sanitária comercial 2,0% a 2,5% (dose: 10 mL/L água) ou pó de hipoclorito de cálcio 65% (dose: $0,32 \text{ g/L}$ e exposição por 1 hora) (NOGA, 2001).
- Proceder à secagem ou ao enxágue com água corrente, caso necessite ser usado imediatamente.

Quando um técnico não estiver presente para realizar a coleta de material para diagnóstico de uma doença, os parasitos encontrados em reprodutores de pirarucus na piscicultura devem ser coletados e armazenados adequadamente, para a identificação pelo técnico, mesmo

depois do óbito do peixe (Tabela 3). Essa é uma etapa essencial, pois a patogenicidade, ou seja, a capacidade de um patógeno causar doença no peixe varia de acordo com a espécie. As principais informações que devem acompanhar as amostras são apresentadas na Figura 17.

Sabe-se que os problemas sanitários de animais de produção, conforme já mencionado, estão diretamente ligados ao ambiente e à nutrição e, por esse motivo, é importante prover os peixes de condições adequadas de confinamento, minimizar os fatores de estresse e fornecer um alimento balanceado.

Recomendações técnicas

- O manejo sanitário deve ser realizado como forma de manter a saúde dos reprodutores e prevenir doenças nos alevinos produzidos.
- Recomenda-se a desinfecção dos viveiros para receber casais de pirarucu.
- Os utensílios de uso comum devem ser desinfetados para evitar a transmissão de doenças.
- Recomenda-se buscar informações básicas sobre os sinais clínicos de doenças dos peixes, para auxiliar no controle sanitário durante o cultivo.
- As amostras a serem enviadas a técnicos especializados para o diagnóstico devem ser corretamente armazenadas e identificadas.

Tabela 3. Formas de conservar e armazenar os parasitos.

Localização	Parasito	Forma de armazenamento
Brânquias	Monogenea ⁽¹⁾	Armazenar os arcos branquiais com os parasitos em um frasco contendo formalina 5% ou 10%. Usar uma proporção de 1:2 (amostra:solução)
Estômago Intestino Cecos pilóricos Bexiga natatória (pulmão)	Nematoda (vermes arredondados) ⁽¹⁾ Digenea (vermes achatados) ⁽¹⁾ Acantocephala (vermes) ⁽¹⁾ Pentastomida ⁽¹⁾	Separar os frascos por órgão Coletar todos os parasitos encontrados Armazenar os parasitos coletados em frasco contendo formalina 5% ou 10%
Pele (superfície do corpo) Opérculos Narinas	Branchiura ou Copepoda	Coletar todos os parasitos encontrados Armazenar os parasitos coletados em frasco contendo álcool 70%

⁽¹⁾ A coleta dos parasitos somente é possível em caso de óbito do reprodutor.

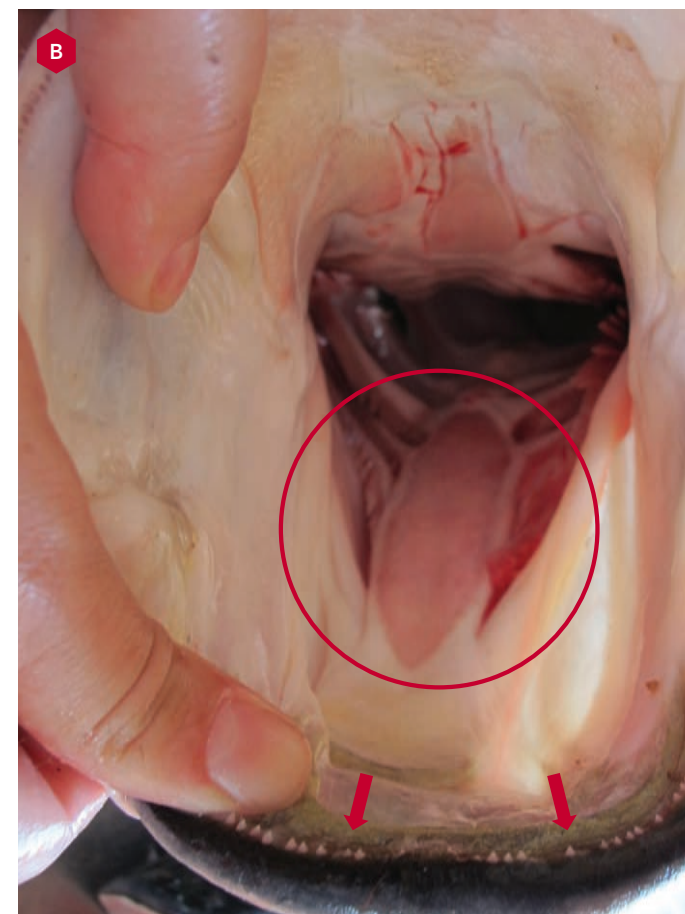
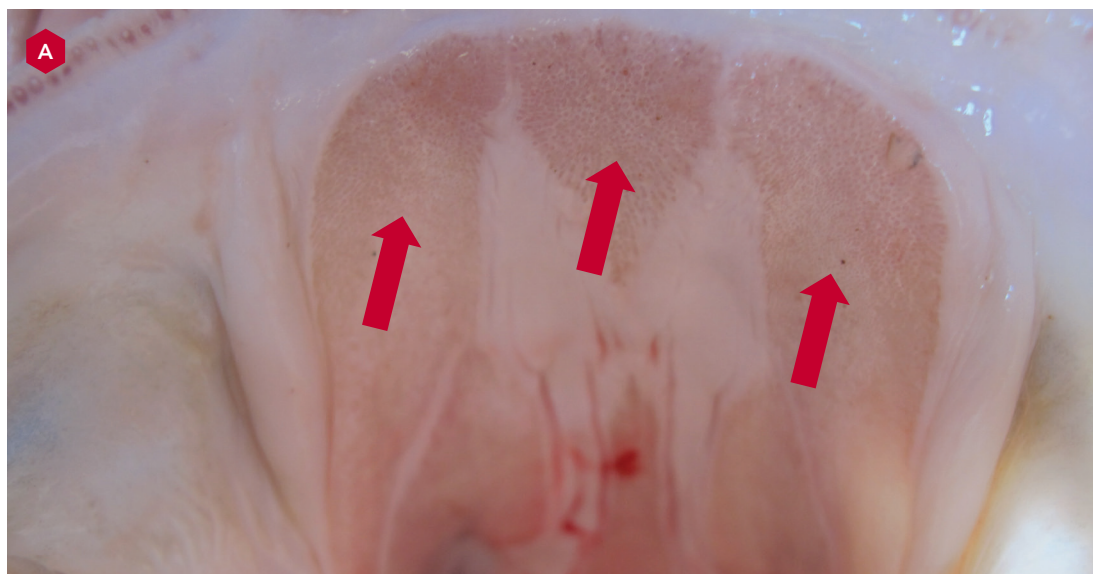
Fonte: adaptado de Eiras et al. (2006) e Jerônimo et al. (2012).

4

ALIMENTAÇÃO DE REPRODUTORES

Na literatura, faltam informações sobre as exigências nutricionais de peixes adultos ou sexualmente maduros, sendo essa situação especialmente crítica para as nossas espécies nativas, como é o caso do pirarucu. Isso se deve principalmente ao fato de que pesquisas sobre a nutrição de reprodutores demandam um grande número de peixes sexualmente ativos, bem como instalações adequadas e mão de obra qualificada para sua condução, tornando sua execução onerosa e complexa. No caso do pirarucu, soma-se a isso a falta de domínio tecnológico sobre a reprodução, que dificulta ou praticamente inviabiliza a condução de trabalhos com nutrição de reprodutores da espécie. Sabe-se, porém, que a nutrição e a alimentação influenciam diretamente a eficiência reprodutiva de peixes confinados, sendo determinantes para o sucesso da desova e a qualidade do ovo e da larva.

O pirarucu apresenta hábito alimentar carnívoro, alimentando-se preferencialmente de itens de origem animal. Quando jovem, sua dieta natural é composta basicamente por invertebrados aquáticos, como insetos, moluscos e crustáceos (OLIVEIRA et al., 2005). Quando adulto, no entanto, alimenta-se exclusivamente de peixes (QUEIROZ, 2000; WATSON et al., 2013). Apesar do comportamento carnívoro, a espécie possui dentes cônicos diminutos nos maxilares, sendo a apreensão da presa ou alimento auxiliada pela presença de placas dentígeras na região do palato, em conjunto com a língua óssea (Figura 18) (FONTENELE, 1948).



Fotos: Ana Paula Oeda Rodrigues

Figura 18. Cavidade bucal de exemplar de pirarucu: placas dentígeras (setas) (A), dentes (setas) e língua óssea (círculo) (B), estruturas que auxiliam na apreensão da presa ou do alimento.

Seu estômago é musculoso e distensível, sendo capaz de armazenar grandes volumes de alimento, o que sugere que o pirarucu se beneficia de uma baixa frequência alimentar. Considerando esta última característica, indica-se alimentar o pirarucu adulto uma vez ao dia, durante seis dias da semana, a uma taxa entre 0,5% e 1,0% do peso vivo do peixe (RODRIGUES et al., 2013). Essa frequência é ideal, pois permite que o produtor ou funcionário observe o plantel quase que diariamente, podendo verificar comportamentos relacionados à reprodução, como alteração na coloração dos peixes, formação de casais, acasalamento, brigas e disputas por território, e estado sanitário dos peixes.

O comportamento alimentar dos reprodutores também sofre alteração, aumentando o consumo no período que antecede a reprodução e cessando durante a fase de incubação dos ovos e nos primeiros dias do cuidado parental (BEZERRA et al., 2013). Para observar esse comportamento, é recomendado treinar os reprodutores a se alimentar em horários fixos, em um local específico do viveiro.

Entre os nutrientes de grande importância para a manutenção dos mecanismos fisiológicos reprodutivos, destaca-se a proteína, que exerce papel fundamental na maturação das gônadas, na formação de gametas, na fertilização dos ovos e no desenvolvimento inicial do ovo e da larva (WASHBURN et al., 1990). A nutrição proteica adequada não se restringe apenas aos níveis de proteína da dieta, dependendo da qualidade da fonte de proteína utilizada (perfil de aminoácidos, principalmente) e do balanço entre proteína e energia. Os lipídios, especialmente os ácidos graxos insaturados, também desempenham papel importante na reprodução, agindo na produção de hormônios esteroides, que atuam na fisiologia reprodutiva e na resposta imune, e compondo a principal fonte endógena de alimento para embrião e larva (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011; ROMAGOSA et al., 2012). O excesso de energia na dieta pode, porém, prejudicar o desempenho reprodutivo, ao proporcionar acúmulo de gordura na carcaça e na cavidade celomática dos peixes e ao comprometer a utilização da proteína da dieta.

Estudos sobre exigências nutricionais e aproveitamento dos principais ingredientes utilizados pelas indústrias de rações são imprescindíveis para o desenvolvimento de rações mais adequadas à espécie, que resultariam em melhor eficiência reprodutiva. A exigência proteica do pirarucu foi determinada para animais jovens entre 70 g e 120 g (CASADO DEL CASTILLO, 2012; DEL RISCO et al., 2008; ITUASSÚ et al., 2005), revelando-se superior a 40% de proteína bruta. O aproveitamento nutricional de alguns ingredientes pela espécie foi avaliado em peixes

jovens de 235 g, por Cipriano (2013). De forma geral, ingredientes proteicos de origem animal são aproveitados mais eficientemente pelo pirarucu quando comparados a ingredientes proteicos e energéticos de origem vegetal. Cabe salientar que essas informações precisam ser avaliadas em reprodutores de pirarucu, já que o metabolismo e as exigências nutricionais variam conforme a idade do peixe e o estágio de maturação sexual.

Quanto à alimentação, Sebrae (2013a) observou melhor eficiência alimentar na engorda do pirarucu em viveiros com disponibilidade de alimento natural, como peixes invasores e camarões, provavelmente por suprirem alguma deficiência ou desequilíbrio nutricional das rações comerciais. Da mesma forma, para reprodutores, a combinação da ração com alimento natural parece proporcionar melhores resultados. Contudo, Sebrae (2013b) recomenda evitar a estocagem de peixes forrageiros juntamente com reprodutores, uma vez que podem vir a preda os ovos ou os alevinos de pirarucu, e indica o fornecimento manual de peixes frescos. Uma alternativa, ainda não testada cientificamente, mas que vem mostrando resultados satisfatórios em pisciculturas, é a mistura da ração com peixe moído fresco ou congelado, formando as chamadas “bolotas”. Do ponto de vista sanitário, a utilização de peixe congelado é a mais adequada, pois o processo de exposição a baixas temperaturas, como o congelamento, inativa parasitos que estejam na carcaça do peixe. Essa prática permite uma maior adequação entre o tamanho da ração e o da boca do pirarucu, garantindo a ingestão da quantidade de alimento diária recomendada para a espécie. Na Figura 19, pode-se observar o fornecimento da bolota em um viveiro, enquanto, nas Figuras 20 e 21 tem-se o passo a passo para a confecção das bolotas.

Recomendações técnicas

- Quando adulto, recomenda-se alimentar o pirarucu uma vez ao dia, durante seis dias da semana, a uma taxa de 0,5% a 1,0% do peso vivo do peixe.
- O momento da alimentação é importante para observação do estado sanitário do plantel e constatação de comportamentos reprodutivos. Para tanto, alimentar os reprodutores em horários fixos e em local específico do viveiro.
- Em razão da falta de informações sobre a dieta adequada às exigências nutricionais da espécie, a utilização de alimento natural em complemento à ração, mantendo os devidos cuidados, vem sendo indicada, por proporcionar melhores resultados.



Foto: Tácito Araújo Bezerra

Figura 19. Bolota recém-consumida por um reprodutor de pirarucu, por sucção (círculo), e bolota flutuando na superfície da água do viveiro (seta).



Figura 20. Preparo da mistura de peixe moído com ração para a confecção das bolotas: selecionar peixes forrageiros saudáveis (A); moer os peixes, preferencialmente congelados ou semicongelados, em moedor de carne elétrico ou manual (B); misturar a massa de peixe moído com a ração para carnívoros (10 mm a 14 mm de granulometria; 40% a 45% de proteína bruta) na proporção de 1:3, respectivamente (por exemplo: para 2,0 kg de peixe moído, misturar 6,0 kg de ração (C, D, E); o ponto da mistura é medido ao se formar uma bolota com as mãos (F). Se a mistura se mantiver agregada, estará no ponto. Caso contrário, poderá ser adicionada um pequeno volume de água, até se atingir o ponto.



Fotos: Tácito Araújo Bezerra

Figura 21. Confeção das bolotas pelo sistema de prensagem. O sistema de prensagem aqui apresentado tem a vantagem de conferir rapidez e padronização ao processo. Ele é composto por um cano de PVC (com 75 mm de diâmetro e 15 cm de altura) e dois moldes de madeira de 5 cm e 9 cm de altura e um lado côncavo (setas). Procedimentos: prensar a mistura para que a bolota se mantenha estável e íntegra na água (A); inserir o molde mais alto e, em seguida, adicionar a mistura (aproximadamente 125 g) (B); inserir o molde mais baixo e pressionar o molde com o auxílio de uma alavanca (C, D); desencaixar o cano de PVC e retirar a bolota já pronta (E); armazenar as bolotas preferencialmente em freezer ou geladeira (F). Um reprodutor pesando cerca de 50 kg consome de duas ou três bolotas por dia (de 0,5% a 0,75% do peso vivo), podendo-se aumentar o consumo no período que antecede o acasalamento.

5

ESTRATÉGIAS DE FORMAÇÃO DE CASAIS

Atualmente, a formação de casais em pisciculturas de pirarucu tem sido feita por meio de duas estratégias. A primeira delas consiste na formação de casais obtidos naturalmente, estocando-se diversos reprodutores em uma única estrutura de cultivo (Figura 22). Considerando que a razão sexual das populações de pirarucu estudadas até o momento é próxima de um para um, a vantagem desse método consiste na probabilidade de que, entre os peixes estocados, haja pelo menos um casal, e esse encontre condições de reprodução no viveiro onde é estocado. Ainda hoje, esse pode ser considerado o método mais utilizado. Em termos econômicos, esse método geralmente resulta na formação de apenas um ou um número reduzido de casais (SEBRAE, 2013b) e em gastos elevados para a manutenção de um número grande de animais adultos, não sendo, então, a forma mais eficiente de utilização do plantel da propriedade. Um aspecto positivo desse método, porém, está na vantagem de poder ocorrer uma formação natural dos casais, em que eles são escolhidos espontaneamente, e pode resultar em uma escolha do “melhor” parceiro em termos de produtividade de alevinos. Esse fato, que já foi observado por (SEBRAE, 2013b), ainda necessita de comprovação científica.

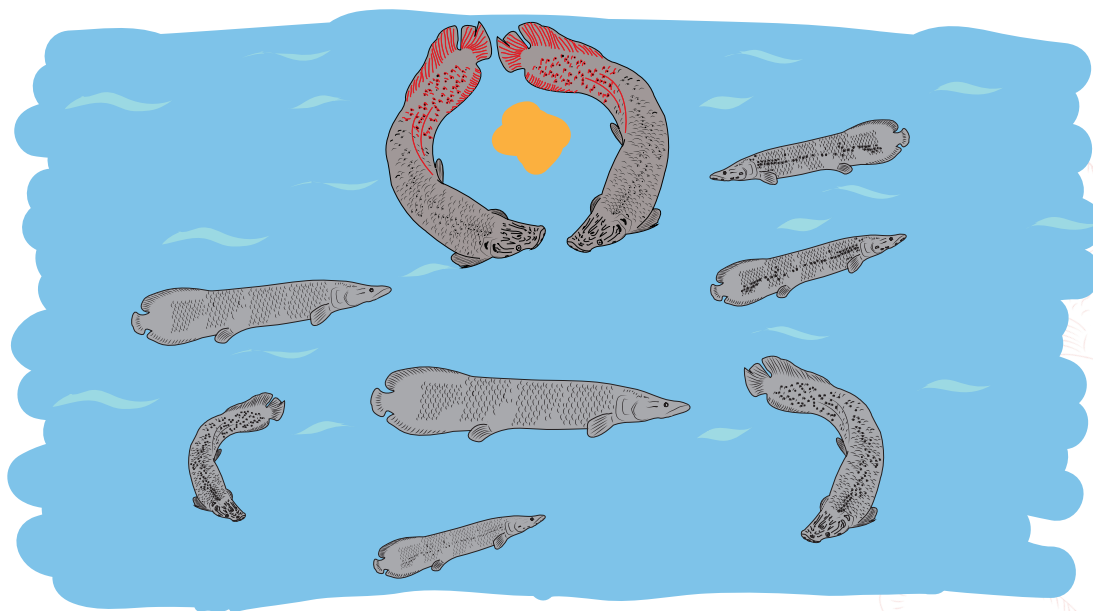


Figura 22. Manejo de formação natural de casais, com a estocagem de vários animais em uma única estrutura de cultivo, aguardando a formação natural do casal. Em vermelho, destaque para um casal formado no entorno de um ninho (em amarelo).

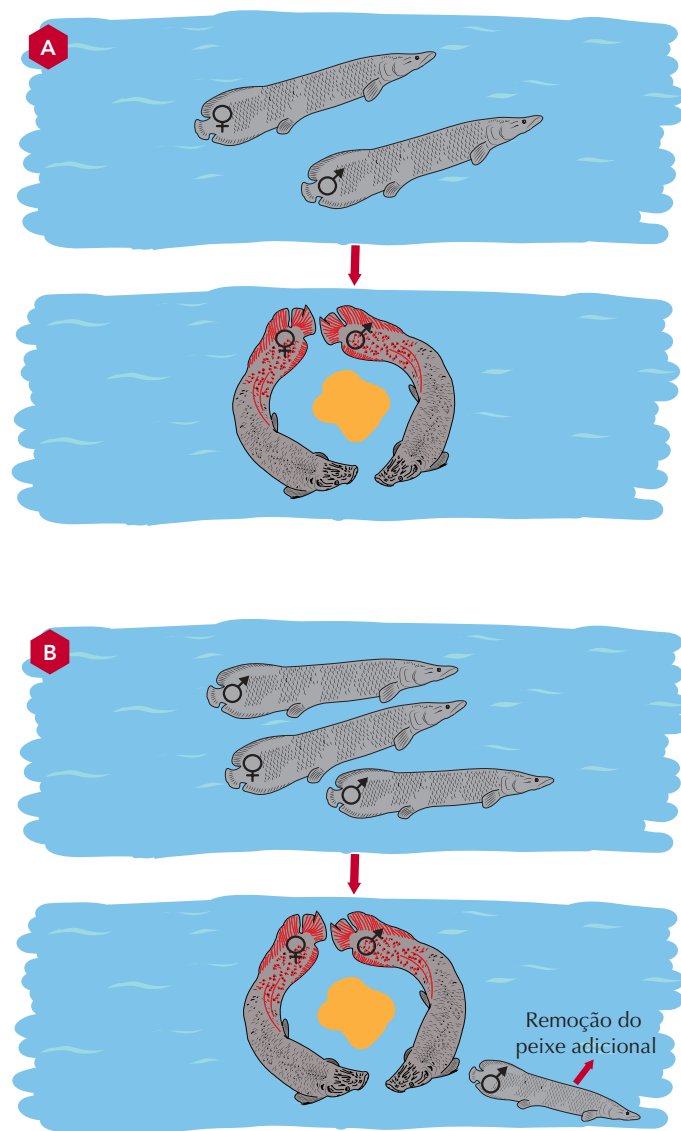


Figura 23. Manejo de formação direcionada de casais em uma estrutura de cultivo para aguardar a formação do casal: estocagem de um casal (A); ou três reprodutores, sendo uma fêmea (♀) e dois machos (♂) (B). O peixe adicional pode ser retirado após a formação do casal. Em amarelo, ninho formado pelo casal.

Uma segunda estratégia consiste na formação direcionada de casais, que pode ser definida como a identificação e o isolamento de dois ou três peixes (um casal ou um terno) em condições fisiológicas que propiciem a reprodução (Figura 23). Em essência, a separação de três reprodutores tem os seguintes objetivos: primeiro, aumentar a probabilidade de que haja um casal no viveiro (nos casos em que a sexagem deixa margem para dúvidas), e segundo, que das duas possibilidades de formação de casal, uma delas esteja em maior sincronia do que a outra, portanto, adiantando a obtenção da desova. Entretanto, um aspecto que precisa ser observado com relação à estocagem de três reprodutores é a possibilidade de mortalidade caso ocorram disputas, que são comuns no processo de acasalamento. As disputas têm sido relacionadas a dois fatores. O primeiro é a estocagem de três animais em viveiros muito pequenos, não permitindo que, no processo de disputa pela fêmea, o macho adicional encontre local para fuga (SEBRAE, 2013b). O segundo é a estocagem de uma fêmea imatura com pelo menos um macho maduro, fazendo que o macho insista no acasalamento, e a fêmea, não preparada, agrida-o, como forma de defesa, culminando na morte do animal. Isso pode acontecer quando se estocam reprodutores com tamanhos muito diferentes.

Nesses casos, dois fatores são de extrema importância para o sucesso da formação de casais. O primeiro fator diz respeito à sexagem, pois se deve ter certeza do sexo dos animais que serão isolados. O segundo fator se refere às condições fisiológicas que propiciam a reprodução, e é de uma complexidade um pouco maior. Com relação à sexagem, os métodos serão abordados no tópico Sexagem do pirarucu. Já em relação às condições fisiológicas que propiciam a reprodução, tem-se: maturidade sexual, estágio de maturação gonadal e sincronização sexual.

A maturidade sexual do pirarucu ocorre em peixes com quatro ou cinco anos (GODINHO et al., 2005). Entretanto, relatos na literatura mostram que peixes colocados em cativeiro num mesmo momento reproduziram-se somente após seis anos ou mais (BOCANEGRA et al., 1990; WOSNITZA-MENDO, 1984). Dessa forma, é importante compreender que existem diversos fatores que contribuem para a aceleração ou o retardamento da maturidade sexual. Embora seja um tema pouco estudado, existem indícios de que uma nutrição de boa qualidade, aliada à disponibilidade de espaço, contribui para alcançar a maturidade sexual em torno dos quatro anos de idade (SEBRAE, 2010). No momento da separação dos casais, informações referentes à idade dos peixes e ao histórico de reprodução devem ser levadas em consideração, pois o ideal é sempre isolar peixes sexualmente maduros. Por esse motivo, ressalta-se a importância da realização do registro de dados do plantel de reprodutores, conforme será visto no tópico Registro de dados de produção.

Outros fatores que propiciam a reprodução no processo de formação de casais dizem respeito ao estágio de maturação das gônadas e a sincronização reprodutiva entre macho e fêmea. Na maturação das gônadas, dois processos são separados ao longo do tempo, tanto em machos quanto em fêmeas. O primeiro deles é a ovogênese nas fêmeas e a espermatogênese nos machos. A ovogênese envolve o acúmulo de vitelo nos ovócitos (vitelogênese), enquanto a espermatogênese consiste na produção maciça de espermatozoides³. Dando sequência a esses processos, ocorre a maturação final dos ovócitos nas fêmeas e a espermição (liberação dos espermatozoides) nos machos. Cada um desses processos possui um mecanismo de regulação hormonal específico, que é desencadeado por meio de estímulos percebidos no ambiente.

Suponha-se que um produtor isole um casal maduro em um viveiro. Se a fêmea estiver próxima da maturação final dos ovócitos, e o macho ainda na fase de produção de espermatozoides, eles estarão fora de sincronia reprodutiva, e essa separação do casal pode não ser bem-sucedida em curto prazo, prolongando o tempo para acontecer a reprodução. A sincronização da reprodução entre machos e fêmeas consiste nos dois processos ocorrendo simultaneamente no casal, de forma que o evento de desova e fecundação possa acontecer. Para o pirarucu, o tempo de duração entre os processos de ovogênese e maturação dos ovócitos ainda é desconhecido. Em virtude da morfologia peculiar do gonoduto⁴ da espécie, a prática de canulação não se verifica e, por isso, não se podem coletar ovócitos ou esperma para avaliação. Isso facilitaria imensamente o processo de formação induzida dos casais. A prática de canulação é realizada em muitas outras espécies de peixes, e o tempo de ovogênese e maturação já é conhecido. Apesar de ainda não haver métodos que possam garantir mais chances de sucesso na formação induzida de casais, é muito importante ter em mente esses fatores, que certamente vão influenciar o sucesso desse processo de indução.

Embora o pirarucu apresente um aparente comportamento social monogâmico, foi recentemente detectado que pode haver a contribuição de mais de dois animais em uma única desova (FARIAS et al., 2015). Esse comportamento aparente de formação de casais ocorre apenas no período reprodutivo e não implica a manutenção do mesmo casal em diferentes períodos reprodutivos. Dessa forma, o pirarucu pode ser manejado, pois ocorrerá a formação de novos casais ou outras conformações a cada período reprodutivo.

³ Com base nesse processo fisiológico, que propicia a maturação dos peixes, surgiu o método de sexagem baseado na dosagem da concentração plasmática de vitelogenina, discutidos no tópico Sexagem do pirarucu.

⁴ Canal que liga o ovário ou o testículo ao gonópore (abertura genital dos peixes).

Tendo isso em mente, antes de iniciar o processo de formação de casais, deve-se seguir algumas recomendações, como:

- Avaliar a idade provável de cada peixe. Preferivelmente, usar como referência o registro do ano de nascimento do animal. Se não for possível, usar dados como comprimento total e peso, que podem atuar como uma estimativa indireta da idade, embora nem sempre sejam dados plenamente confiáveis⁵. Nesse caso, é melhor separar casais de tamanho similar, considerando que deverão ter idade similar.
- Avaliar a possível consanguinidade dos peixes, lembrando que peixes oriundos de um mesmo lote podem ser aparentados. Deve-se evitar ao máximo a formação de casais com esses animais (ver tópico Manejo genético de reprodutores).
- Realizar a sexagem dos peixes (ver tópico Sexagem do pirarucu).
- Avaliar as condições ambientais do viveiro que será utilizado para o acasalamento. Parâmetros como área, profundidade e substrato devem ser levados em consideração. Profundidade média de 1,0 m a 1,5 m é desejada, pois são indicadas para a construção de ninhos; além disso, facilitam o manejo dos animais. Não existem estudos sistemáticos sobre o tamanho mínimo ou a relação entre a área de viveiro e o número de reprodutores para que ocorra a formação do casal e a desova. Existem relatos de desovas de pirarucus em viveiros pequenos. Fontenele (1948) observou reprodução em viveiros de 151 m², enquanto Sebrae (2013b) relata desovas em viveiros de 200 m². Outro fator a ser elucidado é como a densidade de reprodutores influencia a fecundidade do casal. Sebrae (2013b) sugere que viveiros maiores proporcionam desovas maiores. Além disso, a presença de alimento natural na água e níveis de oxigênio dissolvido entre 6 mg/L e 8 mg/L durante o período reprodutivo parecem influenciar positivamente a reprodução e a sobrevivência das larvas que se alimentam de plâncton e possuem respiração branquial nos primeiros dias de vida (BACA, 2001; SEBRAE, 2013b).
- Como o estágio gonadal de machos e fêmeas não pode ser observado, algumas práticas de manejo podem ser tomadas com o objetivo de reduzir as chances de que não ocorra sincronização da reprodução. Das práticas mais utilizadas com essa finalidade, a mais

⁵ É importante ressaltar que dependendo das condições nas quais o animal foi mantido durante a sua vida jovem, o peso e o comprimento podem não refletir fidedignamente a idade dos peixes, fazendo com que a estimativa seja um método pouco confiável para definir a idade.

importante consiste em identificar o momento mais propício para fazer a separação dos casais. Sabe-se atualmente que a chuva (ou algum fator a ela relacionado) atua como um estímulo ambiental regulador dos processos reprodutivos, tanto em machos quanto em fêmeas (MONTEIRO et al., 2010; QUEIROZ, 2000). Por isso, recomenda-se que a formação dos casais seja feita nos meses que antecedem os picos de maior intensidade de chuva na região onde se pretende obter as desovas. Dado o tempo suficiente para que o casal permaneça sob a influência desses estímulos ambientais, espera-se que a sincronização de seus processos reprodutivos aconteça naturalmente.

- A realização de permutas de animais é uma prática comum quando um casal isolado não reproduz em um período reprodutivo. Muitas vezes, as permutas permitem o encontro de animais sexualmente maduros do plantel. Não se sabe ao certo o impacto da realização do manejo sobre a atividade reprodutiva da espécie. Mesmo assim, especula-se que manejar frequentemente os reprodutores pode prejudicar os processos reprodutivos em andamento.

Recomendações técnicas

- A formação de casais de pirarucu pode ocorrer de forma natural ou direcionada. Cada uma delas apresenta vantagens e desvantagens, que precisam ser consideradas.
- No processo de formação de casais, sugere-se a estocagem de animais de tamanho semelhante.
- Recomenda-se utilizar viveiros com tamanho mínimo de 400 m² para a estocagem de um casal.
- O comportamento do casal deve ser monitorado, para identificar a ocorrência de desovas.



6

SEXAGEM DO PIRARUCU

Nas estações de piscicultura, uma pergunta é sempre frequente: como reconhecer o sexo dos reprodutores? Essa informação é essencial por diversos aspectos do manejo reprodutivo. O primeiro deles é em relação à manutenção do número adequado de reprodutores na propriedade. Os produtores costumam manter um grande número de animais nos plantéis de reprodutores de pirarucu. Essa prática muitas vezes está relacionada ao aumento da probabilidade de ter um número suficiente de machos e fêmeas no plantel, que permitirão a futura formação de casais. Outro aspecto bastante influenciado pela sexagem dos animais são as estratégias para a formação de casais, discutidas no tópico anterior. A abordagem que permite o uso mais eficiente do plantel depende da sexagem. Dessa forma, a demanda por tecnologias que resolvam esse problema é crescente no setor produtivo. Atualmente, existem alguns métodos disponíveis para realizar a sexagem de reprodutores de pirarucu, estando vários em nível experimental. Abaixo estão descritos os métodos já pesquisados e as opções de realização da sexagem de reprodutores.

6.1. Observações sobre o padrão de coloração

Atualmente, o método de sexagem do pirarucu mais utilizado pelos produtores consiste na observação da diferença de padrão de coloração entre machos e fêmeas. Esse conhecimento, que começou de forma empírica no setor produtivo, foi sistematicamente estudado e validado em trabalhos científicos (FONTENELE, 1948; MONTEIRO et al., 2010).

O padrão de coloração pode variar, influenciado por vários fatores: a) pela diferença de padrões hormonais da espécie em período reprodutivo; b) conforme a idade do animal, pois há uma tendência de aumento da coloração avermelhada no corpo dos animais com idade entre dois e cinco anos, tendendo a se estabilizar após a idade da primeira maturação; c) pela variação de padrão de coloração vermelha entre indivíduos de uma mesma idade (QUEIROZ, 2000); e d) pela variação de coloração entre indivíduos de diferentes regiões ou pisciculturas. Tais fatores contribuem para que esse método não tenha plena eficácia. Por isso, os dados apresentados aqui para a sexagem de peixes baseados na coloração devem ser analisados com cautela por quem for realizar a sexagem utilizando esse método.

Para aplicar esse método, é importante trabalhar com animais após a idade da primeira reprodução, pois já possuem um padrão de coloração mais estável. Por exemplo, em animais com mais de 4 ou 5 anos – idade reprodutiva do pirarucu – a coloração avermelhada dos machos atinge a região lateral da cabeça, o que não ocorre com as fêmeas (Figura 24).

Foto: Adriana Ferreira Lima



Foto: Adriana Ferreira Lima



Foto: Tácito Araújo Bezerra



Foto: Tácito Araújo Bezerra



Figura 24. Exemplar macho (♂) com coloração avermelhada que atinge a região lateral da cabeça (A e B); e fêmea (♀) de pirarucu, com coloração avermelhada que não alcança a região da cabeça (C e D).

Esse padrão de coloração, que é diferente entre machos e fêmeas, pode, ademais, variar de acordo com a região do País. Contudo, sabe-se que o macho é aquele com maior prolongamento de escamas vermelhas em direção à cabeça. Sendo assim, a sexagem por meio da coloração tem um aspecto comparativo, cabendo, então, observar a coloração em vários animais do plantel antes de realizar o diagnóstico.

Embora a utilização da cor para a sexagem não seja plenamente confiável quando os animais têm idades diferentes, estima-se que seja pequena a margem de erro do diagnóstico por meio da avaliação da coloração. Ademais, é um método bastante prático, de baixo custo e válido nos meios de produção. Para isso, é necessário que o produtor tenha o cuidado de sempre observar seus animais, a fim de identificar essas diferenças no plantel.

6.2. Concentração plasmática de vitelogenina

A vitelogenina (Vtg) é uma proteína produzida pelo fígado e mobilizada para dentro dos ovócitos das fêmeas no momento da formação dos ovos (ovogênese) (ver tópico Estratégias de formação de casais). Por ser produzida em grande quantidade pelas fêmeas, a detecção da vitelogenina no plasma sanguíneo pode ser utilizada como um marcador de identificação do sexo do pirarucu (CHU-KOO et al., 2009). Existe, aliás, um kit específico⁶ disponível no mercado (produto importado da França) para a realização desse diagnóstico (Figura 25). O prazo de validade do kit é de apenas 3 meses, o que requer agilidade na logística de entrega e manejo dos animais no seu uso.

A utilização desse kit pressupõe a retirada de sangue de cada animal adulto a ser avaliado (ver apêndice Procedimentos para coleta de sangue). Os procedimentos a serem seguidos estão indicados no manual de instrução do fabricante. O resultado do teste sai entre 3 horas e 3 horas e trinta minutos, a contar do início das reações. Cada kit contém material suficiente para a realização de 24 testes. A validação do kit foi realizada pela Embrapa em 14 peixes adultos (8 machos e 6 fêmeas). Esses peixes foram sacrificados após o teste para confirmação do sexo. Houve 100% de acerto para peixes que pertenciam ao sexo masculino e 83,3% de acerto para peixes que pertenciam ao sexo feminino (ocorrência de um falso negativo para uma fêmea no teste de validação). Como o kit detecta a vitelogenina presente no sangue, acredita-se que essa fêmea não estivesse em marcada fase de vitelogênese.

⁶ Esse kit de sexagem para o pirarucu é disponibilizado pela empresa Acobiom.



Figura 25. Kit de sexagem comercialmente disponível (A e B); coleta de sangue de pirarucu para uso do kit de sexagem (C); início da análise do sexo com amostra de apenas uma gota de sangue (D); análise de concentração plasmática de vitelogenina (E); resultado da análise realizada em sete animais (F).

6.3. Concentração de esteroides gonadais

Os esteroides sexuais são hormônios produzidos de forma e concentração diferentes pelas gônadas de machos e fêmeas ao longo do ciclo reprodutivo, e variam também conforme a idade dos indivíduos. Dados recentes na literatura mostram ser possível realizar o diagnóstico sexual em indivíduos imaturos de pirarucu por meio da concentração plasmática de dois desses hormônios: o 17 β -estradiol e o 11-cetotestosterona (CHU-KOO et al., 2009). Segundo esses mesmos autores, a razão desses hormônios permite discriminar com 100% de certeza o sexo de peixes imaturos. A possibilidade de sexar animais ainda jovens é a principal vantagem dessa metodologia. Contudo, apesar de validada cientificamente e ser a mais consistente entre as descritas, pelo fato de permitir a sexagem de indivíduos jovens, ainda não está disponível para o setor produtivo.

6.4. Ultrassonografia

A realização de exames de ultrassonografia é uma prática muito empregada para a realização do diagnóstico sexual de peixes em outros países. Entretanto, o sucesso das técnicas de diagnóstico por imagem depende altamente da qualidade do equipamento utilizado para avaliar as características anatômicas do animal analisado. O pirarucu, em particular, é um peixe que impõe algumas dificuldades para a técnica de ultrassonografia. Primeiramente, trata-se de um peixe que possui escamas espessas, o que dificulta a obtenção de imagens de qualidade, uma vez que as escamas refletem parte das ondas sonoras. Além disso, com relação à anatomia interna do pirarucu, sua gônada funcional (à esquerda) está posicionada logo abaixo da bexiga natatória, que, no pirarucu, é modificada em um órgão muito vascularizado, chamado de pulmão. Esse “pulmão” é repleto de ar, o qual também atua negativamente, ao refletir as ondas sonoras, contribuindo, assim, para a redução da qualidade das imagens obtidas. Por último, o desenvolvimento de um método de diagnóstico do sexo por meio de imagem de ultrassonografia depende da interpretação correta das imagens obtidas, que exige comparação das imagens com animais dissecados. Alguns estudos nessa área (CARREIRO, 2012) estão analisando as dificuldades e a viabilidade do uso dessa técnica, rápida e não invasiva. Entretanto, embora tenha sido viável na identificação do sexo de animais adultos (Figura 26), demanda que o animal esteja anestesiado e, no momento, não existem protocolos de anestesia que mantenham o pirarucu imóvel por um tempo adequado para a realização do exame.



Foto: Adriana Ferreira Lima

Figura 26. Realização de ultrassonografia para identificação do sexo do pirarucu.

6.5. Laparoscopia

Recentemente, o método de laparoscopia foi testado para o diagnóstico sexual de pirarucus jovens (CARREIRO et al., 2011). De acordo com os autores do trabalho, o método mostrou-se eficaz para a realização do diagnóstico. O método exige uma cirurgia de pequeno porte para a incisão de um trocarer provido de uma câmera na cavidade peritoneal do peixe para visualizar a gônada dos animais e, assim, diagnosticar o sexo (Figura 27). Entretanto, alguns detalhes da técnica precisam ser aprimorados, uma vez que o procedimento exige um tempo de anestesia relativamente grande comparado com a duração de poucos minutos do protocolo de anestesia existente para o pirarucu (HONCZARYK; INOUE, 2009). Ademais, há o risco de infecção como resultado da incisão e causa estresse aos animais. Atualmente, desconhecem-se empresas que ofereçam esse serviço para o diagnóstico sexual do pirarucu.

Foto: Lucas Simon Torati



Figura 27. Realização de avaliação sexual do pirarucu por meio da laparoscopia. Observe o trocarer introduzido na cavidade peritoneal do peixe (setaa).

6.6. Marcadores genéticos

O pirarucu não possui pares de cromossomos sexuais diferentes que possam ser identificados pelo cariótipo, como se dá em outras espécies que possuem sexo heterogamético. Por esse motivo, pesquisas têm sido conduzidas buscando encontrar marcadores moleculares (DNA) de identificação do sexo, de forma a viabilizar um diagnóstico genético do sexo do pirarucu. Alguns métodos moleculares se mostraram ineficazes, como o Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) (ALMEIDA et al., 2013), e outros continuam sob investigação. Portanto, não existem métodos genéticos disponíveis para a realização desse diagnóstico. A Tabela 4 compara os métodos de sexagem existentes para o pirarucu.

Recomendações técnicas

- A determinação do sexo dos pirarucus do plantel é uma medida básica para conhecer a relação macho:fêmea do plantel, direcionar acasalamentos e formar casais com sucesso.
- Existem diversos métodos de sexagem disponíveis. O técnico e o produtor devem buscar o que esteja mais facilmente disponível para uso na sua propriedade.
- No uso do método de sexagem por meio da coloração, deve-se verificar se os animais são adultos e observar o padrão de coloração dos animais da propriedade.

Tabela 4. Comparação entre os métodos de sexagem atualmente existentes para o pirarucu.

Método	Vantagens	Desvantagens	Disponível para o produtor?
Observação dos padrões de coloração	Baixo custo Fácil aplicação	Não é 100% seguro É necessária farta experiência de quem avalia É aplicável apenas a animais adultos	Sim
Concentração plasmática de vitelogenina	Eficaz É necessária apenas uma gota de sangue do animal	Alto custo É aplicável apenas a animais adultos Necessidade de um técnico para a coleta de sangue Necessidade de importação de kit	Sim
Concentração de esteroides gonadais	Eficaz É aplicável para animais jovens (imaturos) É necessário apenas sangue do animal	Necessidade de um técnico para a retirada de sangue	Não
Ultrassonografia	Eficaz	Necessidade de equipamento e técnico especializado na metodologia Necessidade de anestesia do animal por tempo superior ao dos protocolos anestésicos atuais Resultados positivos apenas para animais adultos	Não
Laparoscopia	Eficaz É aplicável para animais jovens (imaturos)	Necessidade de equipamento e técnico especializado na metodologia Necessidade de anestesia do animal por tempo superior ao dos protocolos anestésicos atuais	Não



MANEJO GENÉTICO DE REPRODUTORES

Antes de falar sobre manejo genético de reprodutores, lembramos que o técnico e o produtor devem ter conhecimento de que as informações genéticas serão muito úteis para a obtenção de ganhos efetivos na produção.

A maioria das características produtivas em peixes é controlada por genes com influência direta do ambiente, como crescimento, resistência a doenças e ganho de peso. Por exemplo, o manejo alimentar adequado em pirarucu propicia que determinados genes da musculatura responsáveis por controlar características de maciez, sabor e rendimento da carne sejam expressos. O manejo inadequado, por sua vez, faz com que esses mesmos genes alterem consideravelmente a textura, a cor e o sabor da carne.

Outra característica importante é que algumas fêmeas de mesma idade e comprimento conseguem desovar mais vezes e produzir alevinos mais saudáveis em comparação com outras fêmeas do plantel. Isso se deve a fatores genéticos individuais, ou seja, as fêmeas com tal característica favorável possuem formas diferentes do mesmo gene, que chamamos de alelos. Essa combinação genética identificada no animal é chamada de genótipo, enquanto a característica morfológica que se observa em resultado da interação dos genótipos com o ambiente é o que chamamos de fenótipos. Para que os genótipos tenham de fato importância na produção, é fundamental que os genes sejam transmitidos dos pais às progêies (filhos), como mostrado na Figura 28. Características que possuem baixa capacidade de transmissão de pai para filho ou herdabilidade são mais difíceis de ser controladas na produção por seleção; por isso, em programas de melhoramento genético, são utilizadas, de preferência, características zootécnicas que possuam alta herdabilidade, ou seja, que sejam menos influenciadas por fatores ambientais.

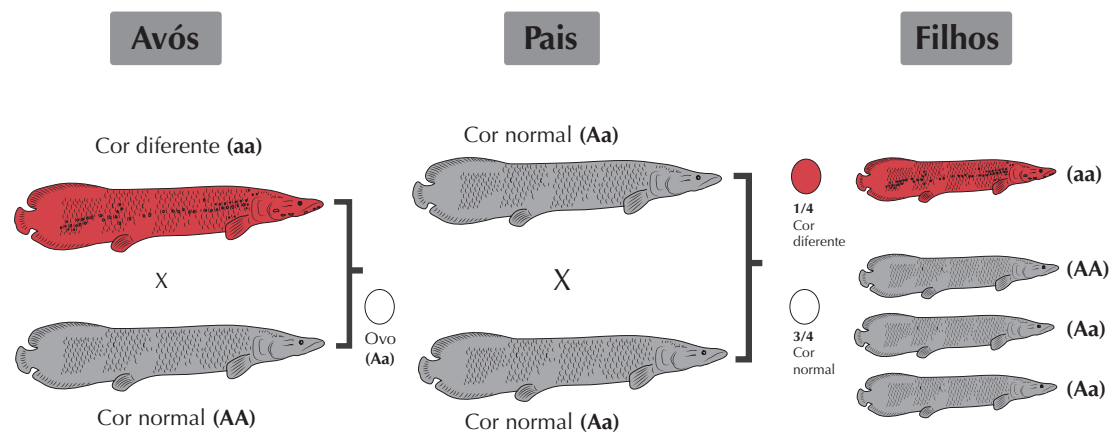


Figura 28. Esquema de transmissão de genótipo para alevinos de pirarucu. Homozigotos: genes com alelos (forma do gene) iguais (aa ou AA); e heterozigotos: genes com alelos diferentes (Aa).

Cabe então ao produtor e ao técnico definirem quais os fenótipos de maior importância na produção e identificar e selecionar entre os animais do plantel de reprodutores aqueles que possuam os fenótipos mais desejáveis. Um exemplo hipotético que pode ilustrar essa possibilidade é a existência de animais da engorda sem vínculo familiar, mantidos em mesma condição de produção apresentando diferenças de crescimento (fenótipo), resultante de diferenças genéticas (genótipos). O exemplo da Figura 29 apresenta um lote de cinco animais em engorda que apresentam desempenho de crescimento distinto e a partir dessa identificação fenotípica foi realizada a identificação genética (genótipo) de cada animal. Estabelecendo uma associação entre fenótipo e genótipo é possível observar que os animais com o alelo "A" possuem maior predisposição ao crescimento do que os com alelo "G", ou seja, o melhor genótipo são os homozigotos para o alelo "A" (AA), e o pior o homozigoto para o alelo "G" (GG), enquanto o heterozigoto (AG) possui crescimento intermediário.

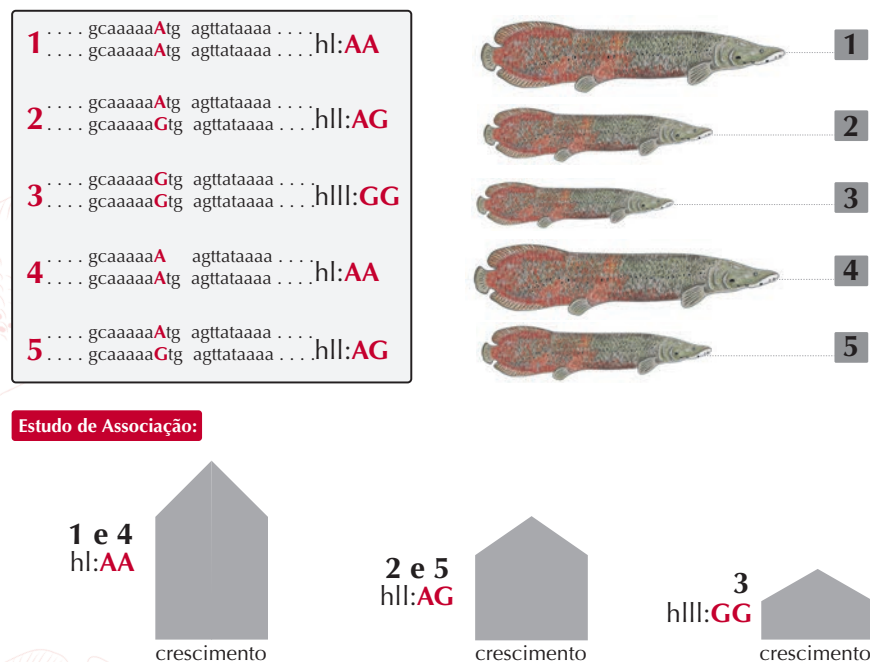


Figura 29. Representação hipotética de associação entre genótipos e fenótipos em pirarucu. Os peixes 1 e 4 apresentam fenótipo de maior crescimento em comparação aos peixes 2, 3 e 5. No estudo de associação, observa-se que os peixes 1 e 4 têm genótipos (AA) distintos dos peixes 2 e 5 (AG) e do peixe 3 (GG). O fator genético pode, junto a outros marcadores, explicar o porquê das diferenças no fenótipo.

Dessa forma, o produtor de alevinos deve estar sempre atento aos melhores genótipos de pirarucu, porque terão mais chance de transmitir os melhores fenótipos para a geração seguinte. Lembrando que a única maneira de manutenção das características fenotípicas de interesse no plantel é se os genes forem transmitidos dos pais às progênes (filhos), ou seja, quando há garantia da herdabilidade dos caracteres de interesse. Assim, é fundamental que, no processo de formação de casais e manutenção do plantel de reprodutores, o manejo genético seja cuidadosamente realizado.

Nesse sentido, o manejo genético pode ser considerado umas das engrenagens fundamentais para movimentar a produtividade dos plantéis de reprodutores e causar um grande impacto no setor, representando a possibilidade de controle dos acasalamentos, de forma a propiciar a maior eficiência de características favoráveis na produção. Por meio desse controle, é possível evitar a formação e a manutenção de plantéis com alto parentesco, cruzamentos endogâmicos e, conseqüentemente, de baixa produtividade. Por isso, o manejo genético é importante para a cadeia produtiva, desde a produção de alevinos até o abate.

Essencialmente, o manejo genético são os procedimentos para manter a diversidade genética elevada do plantel de pirarucu, o que, em resumo, consiste em: a) evitar o acasalamento de animais com vínculo genético, tais como de irmãos inteiros e de meios-irmãos; e b) assegurar um elevado número de reprodutores efetivos.

7.1. Número efetivo de reprodutores

A quantidade de reprodutores em uma piscicultura é um dos itens fundamentais na eficiência de produção de peixes. Em geral, os plantéis de reprodutores são formados por um elevado número de animais; no entanto, apenas uma baixa porcentagem, de fato, se reproduz em cada safra. O problema está no alto custo de manutenção dos animais excedentes. Com o acompanhamento do registro desses animais, é possível determinar a capacidade produtiva da propriedade e estimar o aporte de ração para as próximas safras. Os indicadores de qualidade genética são fundamentais quando as propriedades são de pequeno porte, que, a par de serem constituídas por um número reduzido de animais, utilizam quase que 100% do plantel em cada safra.

Em uma propriedade, por exemplo, onde o plantel de reprodutores de pirarucu é composto por 50 animais adultos, entre machos e fêmeas na mesma proporção, é possível formar

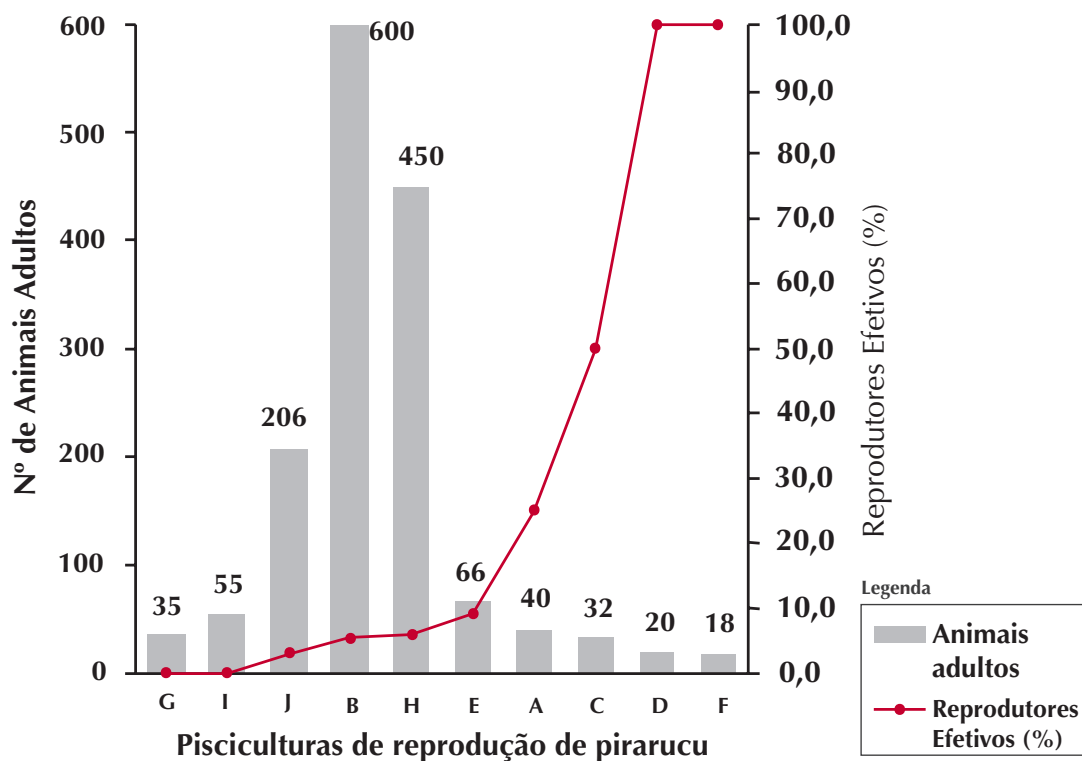


Figura 30. Relação entre o número de pirarucus adultos mantidos como reprodutores (eixo Y, à esquerda) e a porcentagem (%) de animais que efetivamente se reproduziram (eixo Y, à direita) em pisciculturas de pirarucu da região Norte (eixo X).

Fonte: resultados de pesquisa e prospecção tecnológica realizadas pela Embrapa – dados não publicados.

25 casais. No entanto, desses casais formados, apenas 10 reproduziram na última safra; com isso, o número efetivo de reprodutores (N_e) do plantel não é 50, e sim 20 animais, ou seja, cerca de 40% do plantel. Ou seja, o N_e é determinado pelo número de reprodutores que contribuem efetivamente com a progênie na próxima geração, sendo esse frequentemente menor do que o número total de animais reprodutores do plantel.

Alguns fatores contribuem para redução do N_e . Apesar da alta fecundidade dos peixes, em geral, bastam poucos reprodutores para alcançar uma alta produção de formas jovens na piscicultura. Mas, se existe uma proporção desigual entre machos e fêmeas, isso vai resultar na redução do número efetivo na piscicultura, e quanto menos balanceada for essa relação, maior será o efeito negativo sobre o N_e . E há outros elementos de redução, como: a própria diversidade genética e variações na reprodução dos animais.

Desde a década de 1930, diversas introduções de pirarucus silvestres no ambiente de cultivo foram realizadas, em alguns casos com constantes reintroduções. Outra ação comum é a translocação de animais entre pisciculturas. Esses eventos históricos foram pouco documentados, sendo difícil determinar o número efetivo de reprodutores na cadeia produtiva do pirarucu. Como mencionamos aqui, a fundação de plantéis efetivos de reprodutores é, de modo geral, composta por um número reduzido de animais. Para comprovar essa relação, apresentamos, na Figura 30, um levantamento em dez pisciculturas da região Norte.

De modo geral, o levantamento dos plantéis de reprodutores da região Norte (Figura 30) reflete

importantes considerações quanto ao número efetivo e ao uso dos reprodutores, ou seja, o N_e é baixo, em média inferior a 20%, podendo ser até zero, como nas pisciculturas G e I, onde não houve reprodução, mas apenas manutenção de peixes (35 e 55, respectivamente). Em duas pisciculturas (D e F), porém, vem ocorrendo efetividade máxima, ou seja, 100% dos animais do plantel estão se reproduzindo, embora apresentem baixo número de animais, com cerca de 10 casais. Desse modo, delineiam-se três cenários no que respeita à manutenção de reprodutores:

- plantel grande, mas com baixa efetividade na reprodução, nosso exemplo dos casos B (600) e H (450), e elevado custo de manutenção com ração e mão de obra;
- plantel pequeno e 100% efetivo, como nos casos D (20) e F (18), com baixo custo de manutenção e alto rendimento com venda de alevinos; porém, provavelmente baixa diversidade genética;
- plantel com relação média de custo x benefício, como no caso C (32), e cerca de 50% de efetividade.

Cada uma dessas situações possui vantagens e desvantagens em termos de custo e genética do plantel. Por exemplo, no caso B, a piscicultura possui 600 reprodutores, mas apenas 10% estão se reproduzindo, ou seja, o N_e é de 60 animais ou 30 casais. Embora o custo de manutenção seja alto pelo número de animais sem uso direto (520), o ganho também é elevado, pois são 30 acasalamentos produzindo alevinos, ao passo que, na piscicultura D (20), mesmo com 100% de efetividade, são apenas 10 casais produzindo alevinos, com menor ganho econômico, porém, com menor custo de manutenção. O número efetivo de reprodutores de pirarucus silvestres nas áreas de várzea da Amazônia é estimado em 150 mil indivíduos em 100 mil km² (HRBEK et al., 2005, 2007). Isso significa uma proporção de um pouco mais de 1 indivíduo por km².

7.2. Parentesco genético

Na produção animal, é muito comum o uso dos seguintes termos: pedigree, raças, puro de origem, irmãos de sangue e consanguíneos, terminologias essas empregadas para descrever o parentesco genético dos animais. Tecnicamente, o parentesco genético nada mais é do que a chance de animais mais aparentados compartilharem maior quantidade de

material genético por descendência do que animais menos aparentados. Em outras palavras, a descendência significa que os parentes compartilham um ancestral comum, podendo ser os pais, os avós, os bisavós, etc. Na aquicultura, o parentesco genético do plantel de reprodutores é uma ferramenta essencial para melhorar a produtividade de acasalamentos; contudo, é pouco utilizada. Se o produtor conhece o parentesco genético dos animais do plantel, é possível planejar os acasalamentos mais viáveis e, assim, permitir maiores ganhos genéticos, que se traduzirão em ganhos econômicos.

Os acasalamentos nas pisciculturas têm sido realizados totalmente ao acaso, sem respeitar o parentesco entre os reprodutores. Isso, em geral, acontece pela falta do controle do plantel e pela ausência de informações sobre o pedigree, por exemplo. Essas são informações simples de parentesco que os produtores deveriam levar em consideração para formar casais. Tome-se, a título de exemplo, a Figura 31: o parentesco entre o pai e o filho é de 50%, e o parentesco entre irmãos completos também é de 50%. Por sua vez, os filhos compartilhando apenas um dos pais (meios-irmãos), têm um grau de parentesco de 25%. Para a produção animal, quanto menor o grau (%) de parentesco genético entre reprodutores que vão acasalar, maiores são as chances de ganhos econômicos. É isso que os produtores de peixes e os técnicos devem buscar na produção de alevinos.

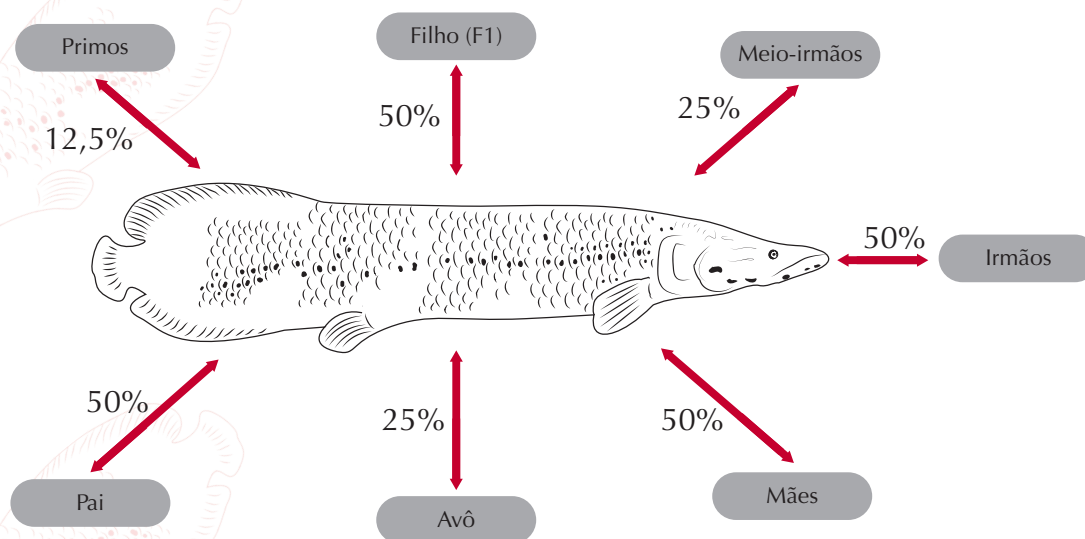


Figura 31. Representação do grau (%) de parentesco genético entre os peixes, com base na descendência.

Em pirarucu, é comum a formação de plantéis de reprodutores em lotes de alevinos irmãos completos, ou seja, com 50% de parentesco. Embora essa estratégia permita a geração de animais de mesma idade e com mais chance de atingir maturação sexual em conjunto, a formação de casais aparentados, especialmente irmãos, poderá exibir consequências econômicas negativas para o produtor, como baixa produtividade ou alta mortalidade dos alevinos resultantes do casal formado. Em níveis baixos de parentesco, como primos, pode ocorrer modesta perda da produtividade, como, por exemplo, uma baixa porcentagem de embriões pode não se desenvolver, e uma parcela daqueles que nasceram pode carregar defeitos genéticos ou características não favoráveis, como baixa imunidade, dificuldade em capturar alimento, etc. Porém, as perdas somente serão notadas com as elevadas taxas de mortalidade ou a baixa eficiência produtiva (taxa de fecundação ou sobrevivência), que geralmente ocorrem nos acasalamentos entre animais aparentados. De fato, no cotidiano, esses problemas podem passar despercebidos, pois a prolificidade dos peixes é alta; assim, 10% a 15% de mortalidade de alevinos ou embriões raramente é notada.

Nesse sentido, como o produtor deve proceder para evitar que seus alevinos exibam defeitos genéticos e tragam prejuízos econômicos? O primeiro passo é conhecer o parentesco genético do plantel, e o segundo passo é saber que o acasalamento de animais de maior grau de parentesco provoca um fenômeno genético denominado de consanguinidade.

7.3. Consanguinidade e heterose na produção

A consanguinidade ou endogamia é definida como o acasalamento de animais com elevado parentesco genético, em comparação com o acasalamento de animais escolhidos ao acaso, ou seja, o parentesco genético causa a consanguinidade. Ainda não há relatos científicos sobre o efeito negativo da consanguinidade nos plantéis de pirarucu, entretanto, é bastante reconhecido em outras importantes espécies de peixes mundialmente comercializadas, como o salmão e a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). A consanguinidade é a principal responsável pelas perdas de produtividade a partir da segunda geração de acasalamento de animais do tipo irmãos inteiros (AULSTAD; KITTELSEN, 1971; GJERDE et al., 1983; TAVE, 1999). Estima-se, portanto, que o elevado parentesco dos casais de pirarucu pode causar a consanguinidade e, em consequência, drásticos efeitos no desempenho produtivo das progênes.

O processo de reprodução é um fenômeno genético em que cada animal formado recebe 50% de seu material genético do pai (espermatozoide) e 50% da mãe (ovócito). Nesse caso,

Tabela 5. Representação da taxa de endogamia em cruzamentos entre animais aparentados.

Tipo de acasalamento	Taxa de endogamia dos filhos (%)
Pai x filha	25,0
Irmãos completos	25,0
Meios-irmãos	12,5
Primo x prima	6,25
Avô x neta	12,5

Tabela 6. Coeficiente de consanguinidade (F) a cada geração, em dois tipos de acasalamento consanguíneo.

Geração	Irmãos completos (%)	Meios-irmãos (%)
0 (pirarucu silvestre)	0	0
1	25,0	12,5
2	37,5	21,9
3	50,0	30,5
4	59,4	38,1
5	67,2	44,9
6	73,4	50,9
7	78,5	56,3

quanto mais aparentados forem os parentais, maiores serão as chances de a progênie possuir dois alelos idênticos, sendo uma cópia vinda do pai e a outra da mãe, ou seja, são indivíduos homozigotos (alelos iguais) para a mesma característica (ver Figura 28). Do ponto de vista genético, o principal efeito da consanguinidade no plantel de pirarucu é a presença de mais animais homozigotos do que heterozigotos a cada geração de acasalamentos. Esse fenômeno pode provocar a manifestação de genes não desejáveis e, à medida que os animais ficarem mais aparentados – logo, mais consanguíneos –, o desempenho zootécnico médio diminuirá.

Os principais efeitos da alta consanguinidade ou frequência de alelos não desejáveis na produção animal são: a) diminuição da fecundidade; b) baixa desova por fêmea; c) redução da taxa de crescimento e de sobrevivência dos alevinos; d) baixa resistência a doenças; e e) menor eficiência de conversão alimentar na engorda (FALCONER; MACKAY, 1996). O produtor, ciente disso, deve evitar acasalamentos endogâmicos entre animais aparentados (Tabela 5), por meio de vários procedimentos: recorrendo ao manejo genético adequado do plantel de reprodutores, obtendo informações de origem, mantendo planilhas de dados atualizadas, buscando, assim, controlar o parentesco genético dos casais e evitar o acúmulo de consanguinidade.

É, então, fundamental que o produtor compreenda os efeitos dos acasalamentos endogâmicos e as razões por que eles tendem a causar redução da produtividade. Estudos teóricos de efeito da consanguinidade no desempenho zootécnico de peixes revelaram uma depressão por endogamia (consanguinidade) de 5% no desempenho dos animais a cada 10% de consanguinidade acumulada (BENTSEN; OLESEN, 2002; MYERS et al., 2001). Desse modo, acasalamentos de irmãos completos de pirarucu podem acarretar, em tese, uma perda de 12,5% no desempenho dos animais gerados, em relação a cruzamentos/ acasalamentos de animais não aparentados. Embora os animais demonstrem maior uniformidade por serem bem similares, é importante que o produtor considere a possível diminuição de produtividade causada pela consanguinidade acumulada. Ademais, o acasalamento sucessivo de animais irmãos completos e meios-irmãos tem efeito cumulativo no coeficiente de consanguinidade (Tabela 6).

O efeito contrário da consanguinidade é a heterose ou vigor do híbrido. A heterose é desejável e provocada quando são formados casais de diferentes raças e/ou linhagens e o desempenho produtivo da progênie supera a média fenotípica dos parentais. A heterose é a melhora do desempenho em decorrência das combinações gênicas favoráveis, consequência do aumento de alelos em heterozigose. Esse aumento de desempenho é parcialmente

transmitido às futuras gerações e é conseguido principalmente com um cruzamento bem-sucedido. Em várias espécies de peixes, a heterose tem provocado aumento de até 15% na produtividade (AYLES; BAKER, 1983; BONDARI; DUNHAM, 1987; GALL, 1987).

Com a consolidação da importância da procedência dos reprodutores de pirarucu, os autores lembram que, na formação de casais, deve ser levado em consideração o uso de animais de diferentes lotes de alevinos, pisciculturas e/ou bacias hidrográficas. Um exemplo empírico de heterose com o pirarucu ocorreu no Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolph von Ihering (CPA/Dnocs), em Pentecoste, CE, na década de 1970, onde oito casais formados, de duas regiões distintas, produziram desovas de excelente qualidade, com produção de 21 mil alevinos.

7.4. Métodos de controle da consanguinidade

Compreendida a importância de conhecer o parentesco genético e de evitar a consanguinidade, é fundamental que o técnico ou o produtor faça o mapa de parentesco dos animais do plantel.

Como fazer o mapeamento genético do plantel? Existem dois métodos aplicáveis: a identificação da consanguinidade pelo pedigree e a identificação pela análise de DNA. Os dois métodos apresentam vantagens e desvantagens, que serão abordadas a seguir. Contudo, existe uma característica em comum entre os dois métodos: os reprodutores do plantel já devem ter sido submetidos à marcação física individual com microchip (tema visto no tópico Controle do plantel de reprodutores). Assim, todo o cadastro do animal estará associado ao número de identificação nele presente.

7.4.1. Identificação da consanguinidade pelo pedigree

O pedigree é uma ferramenta relativamente simples e de baixo custo, utilizada para avaliar a consanguinidade dos indivíduos do plantel e, assim, evitar cruzamentos indesejáveis. É uma árvore familiar onde são listados os irmãos, os primos, os pais, os avós e os tios de cada animal. No caso do pirarucu, o pedigree pode ser construído de forma bem simples, uma vez que a sua história de domesticação é recente, e os animais têm poucas gerações fora do ambiente silvestre. Na montagem de um pedigree, as informações de parentesco, procedência dos animais e acasalamentos são imprescindíveis; por isso, é importante fazer o registro de dados do plantel, como será visto no tópico Registro de dados de produção.

O pedigree pode ser obtido pelo método de Tave (1999), pelo qual é calculada uma estimativa da consanguinidade baseada em informações do registro genealógico, acompanhado pelo produtor.

A Figura 32 representa uma árvore genealógica ou pedigree, evidenciando, por exemplo, um cruzamento endogâmico decorrente do acasalamento de irmãos completos (003 versus 004). Nesse exemplo hipotético, o produtor possui um casal de pirarucus: macho (♂) 001 do rio Araguaia, Caseara, TO, e fêmea (♀) 002, da Reserva Mamirauá, Tefé, AM. Embora não se disponha dos dados parentais desse casal, estima-se, pelo método direto, que a endogamia deva ser muito baixa, pois esses animais são de origens distintas e não aparentados, ou seja, são geneticamente diferentes. Desse cruzamento resultaram milhares de alevinos, dos quais uma parte foi vendida para engorda. Observou-se que quatro animais irmãos completos se destacaram no desempenho. Esses animais foram marcados e posteriormente sexados (♂003, ♀004, ♂005, ♀006) para se tornarem reprodutores. Conhecido o parentesco de irmãos completos, deve-se zelar para não haver acasalamento entre eles.

Ainda no exemplo da Figura 32, o produtor forma um casal com os animais ♂003 e ♀004, um acasalamento endogâmico, entre irmãos completos, ou seja, com 50% de parentesco (ver Figura 30). O efeito desse cruzamento é endogâmico (F2 - ♂025, ♀026 e ♂027), que será de 25% (ver Tabela 5). Esse acasalamento deve ser evitado, ou seja, para essa estrutura familiar completa, é recomendável que não ocorram cruzamentos entre os sete animais da família (F0 e F1).

Se os cruzamentos entre irmãos e membros da mesma família devem ser evitados, como o produtor deve proceder com novos cruzamentos ou a formação de casais? Nesse caso, o produtor deve buscar formar novos casais ou cruzamentos recorrendo a representantes de famílias diferentes. A Figura 33 apresenta um exemplo de três casais formados na primeira geração F0: (A) ♂001X♀002; (B) ♂007X♀008; (C) ♂013X♀014, com animais de diferentes origens. Cada cruzamento, como no exemplo anterior, produziu alevinos (F1) que foram selecionados, identificados e sexados para a composição de plantel de reprodutores. Sabendo-se que é recomendado evitar cruzamentos entre animais da mesma família (A, B, C), o produtor deve, então, proporcionar a formação de novos casais com animais de famílias ou linhagens genéticas distintas (por exemplo, AXB, BXC, CXA). Os acasalamentos ♀006(A)X♂009(B) ou ♀012(B)X♂015(C) não são endogâmicos e são dirigidos de forma a evitar a consanguinidade.

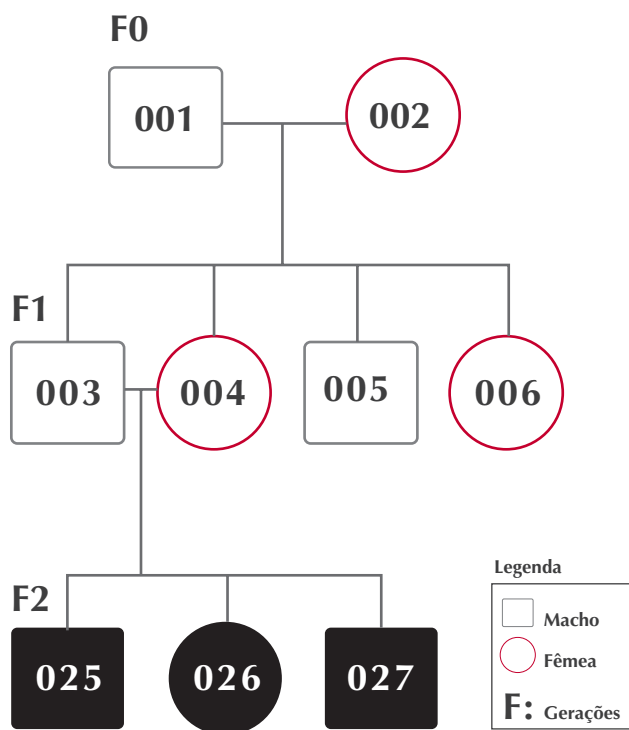


Figura 32. Esquema de um pedigree pelo método direto, evidenciando um acasalamento endogâmico entre irmãos completos (quadrados e círculos pretos). Os números no interior dos círculos e os quadrados representam a marcação individual dos reprodutores; F0 é a geração parental; F1 é a primeira progênie resultante (todos são irmãos completos); e F2 é a progênie resultante de F1 (todos são irmãos completos).

Além desse exemplo, existem várias possibilidades de acasalamentos e formação de casais entre os animais dos grupos A, B e C. Sendo assim, a partir de apenas três casais formados com animais de diferentes origens, é possível que o produtor aumente consideravelmente seu plantel, sem comprometer a qualidade genética e aumentando as chances de produção de alevinos.

Nesse cenário, existem, contudo, cruzamentos que devem ser evitados (geração F3, Figura 33). O casal ♀004(F1)X ♂030(F2) representa o parentesco entre tia e sobrinho, o que equivale a 12,5% de endogamia dos filhos (F3). Da mesma forma que o acasalamento ♀032(F2) X ♂044(F2), que representa um casal de primos, já que os pais são irmãos da família B, equivalendo a 6,2% de endogamia nos filhos (F3). Os dois acasalamentos são incompatíveis em virtude da alta endogamia, e, nesse caso, a geração F3 desses casais deve ser evitada.

Com a elaboração do pedigree, o produtor, além de evitar acasalamentos indesejáveis, poderá controlar de forma mais efetiva o plantel, conhecendo o nível de parentesco dos animais e direcionando acasalamentos favoráveis, com um amplo leque de possibilidades. Deixa, assim, de formar casais de forma aleatória e sob elevado risco genético.

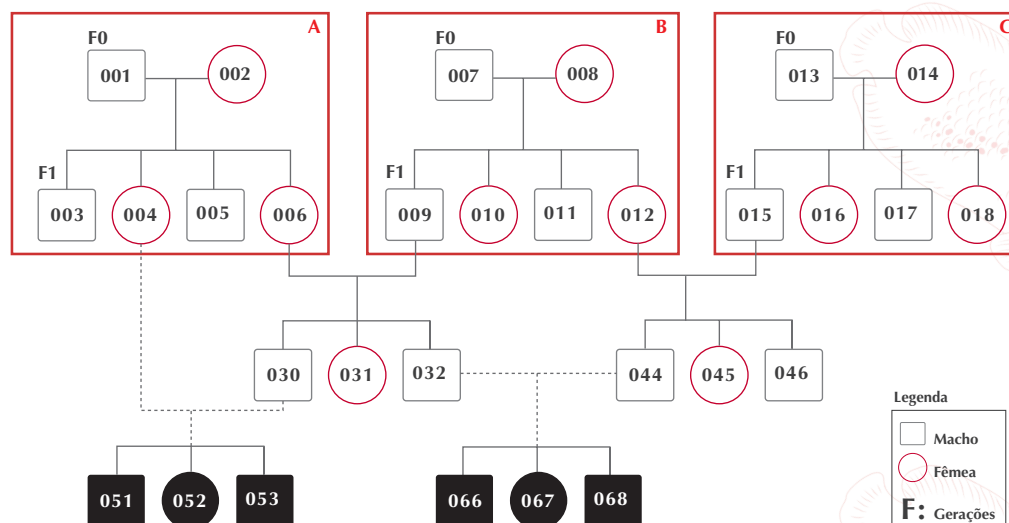


Figura 33. Esquema de pedigree pelo método direto, evidenciando acasalamentos desejáveis em F2 para evitar endogamia; e indesejáveis em F3 (geração dos acasalamentos endogâmicos, representado em preto). Considera-se que os parentais iniciais das famílias A, B e C têm origens distintas. Números no interior dos círculos e quadrados representam a marcação individual dos reprodutores; F0, a geração parental; F1, a primeira progênie resultante; F2, a progênie resultante de F1; F3, a progênie resultante de F2.

Em muitas propriedades, a construção de pedigree é, porém, praticamente impossível pela ausência de informações do parentesco e da procedência dos reprodutores. Dessa forma, mesmo não havendo custos adicionais para o produtor na elaboração do quadro familiar, o controle do plantel por meio desse método é impossível de se estabelecer. Nesses casos, para que os reprodutores do plantel sejam utilizados da melhor forma possível, é necessário recorrer aos métodos indiretos de reconstrução do parentesco genético, como a identificação pelo DNA.

7.4.2. Identificação da consanguinidade pelo DNA

O principal método indireto utilizado é a investigação da composição genética do plantel, com base no DNA. Esse tipo de análise permite estimar o nível de parentesco entre os reprodutores, por meio da comparação das diferenças do DNA entre os animais, ocasião em que cada animal é rotulado com marcadores genéticos.

Para a análise de variabilidade genética por meio de marcadores de DNA, é necessário realizar, antes de tudo, quatro procedimentos fundamentais:

- identificação dos peixes com microchip;
- coleta de material genético: um pequeno pedaço (o mínimo de 3 cm) de nadadeira (amostras de sangue podem ser usadas, mas dá-se preferência à nadadeira, pois essa é uma amostra mais durável e de fácil conservação);
- preenchimento de planilha de dados;
- envio de material para um laboratório especializado⁷.

O “passo a passo” da realização da coleta de amostra para análise genética está detalhado na publicação *Genética na piscicultura: marcação e coleta de amostras para análise de DNA*, da Embrapa (HASHIMOTO et al., 2012). Essas etapas são simples, motivo por que requerem um rápido treinamento do técnico e do produtor. Nesse momento, é fundamental que não ocorram erros de amostragem ou de identificação dos microchips dos peixes, pois, como os resultados genéticos vão direcionar os acasalamentos viáveis na piscicultura, qualquer erro

⁷ O laboratório de Biotecnologia da Embrapa Pesca e Aquicultura realiza esse serviço, que pode, porém, ser feito em outro laboratório.

pode comprometer toda a análise de DNA e os resultados. A Embrapa disponibiliza um kit de coleta de amostras com material necessário para essa análise (Figura 34).

No laboratório, o primeiro passo é a extração do DNA da nadadeira (ou do sangue). Tanto o DNA extraído quanto o restante da amostra ficam armazenados em um banco de DNA da Embrapa (caso a amostra seja processada nessa instituição). O DNA passa em seguida por um processo de reconhecimento de regiões específicas no genoma (marcadores moleculares), por meio da reação em cadeia de polimerase (PCR). Essas regiões são os DNAs microssatélites, ou seja, as sequências repetitivas do genoma com alto polimorfismo, que são amplamente utilizadas em genética de populações, em genética forense e como diagnóstico de paternidade. Em seguida, as amostras são checadas em eletroforese, para posterior análise comparativa dos fragmentos de microssatélites, que informam o parentesco e a endogamia dos animais do plantel (Figura 35). Isso significa que os animais com os mesmos alelos nos microssatélites têm mais probabilidade de parentesco do que os animais com alelos distintos. Esse processo de análise de DNA é denominado de genotipagem.

A genotipagem por microssatélites é realizada com dezenas de marcadores moleculares, e se dá por meio da interpretação ou análise combinatória dos resultados. Os resultados são apresentados em tabelas, de duas formas: uma, demonstrando o coeficiente de endogamia do próprio indivíduo (Tabela 7) para todos os animais amostrados em determinada propriedade, e outra, apresentando o coeficiente de parentesco relativo entre cada possível casal, com as possibilidades de cruzamentos viáveis ou não dentro daquela propriedade (Tabela 8).

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados de três marcadores, com os genótipos (heterozigotos ou homozigotos) e o coeficiente de endogamia gerado para cada indivíduo, ou seja, mostra se sua origem é de uma progênie de cruzamento endogâmico. Neste exemplo, a endogamia varia de 0 a 33%, ou seja, revela animais com níveis altos, médios e baixos de consanguinidade. Esses resultados mostram uma visão panorâmica da diversidade genética dos reprodutores; assim, é possível saber se o plantel necessita de reposição de novos materiais genéticos, de modo a evitar acasalamentos entre animais endogâmicos. Por exemplo, a formação de casal entre os animais ♂2 e ♀4, ambos com 33% de endogamia.

Esses resultados possuem uma precisão alta e impossível de ser mensurada por meio do método direto de pedigree, discutido anteriormente.



Foto: Jefferson Cristiano Christofoletti

Figura 34. Kit de coleta e envio de material genético de representantes de plantéis de reprodutores para análises de DNA. O kit contém tubos de armazenamento de amostra (com álcool 70%), caixa para acondicionamento e uma planilha para preenchimento dos dados de cada amostra coletada (número do microchip, sexo, origem e biometria). Vem acompanhado de um DVD, que mostra o “passo a passo” dos procedimentos.



Figura 35. Esquema resumido da análise de DNA, representando o passo a passo do procedimento. O processo inicia com a obtenção das amostras de nadadeira (A) ou sangue (B), que passam por processo químico de extração de DNA (C), para ser utilizado na reação de PCR “reação em cadeia de polimerase” (D), por meio de marcadores moleculares do tipo microsatélites (E). Os dados gerados da genotipagem serão analisados para a identificação comparativa da endogamia dos animais do plantel de reprodutores.

Tabela 7. Tabela de genotipagem de cinco reprodutores de pirarucu e seus coeficientes de consanguinidade.

Nº do indivíduo (nº do microchip)	Sexo ⁽¹⁾	Marcador 1	Marcador 2	Marcador 3	Número de homozigotos	Coeficiente de consanguinidade (%)
1 (122254)	♂	220/222 heterozigoto	100/100 homozigoto	300/300 homozigoto	2	22,0
2 (122255)	♂	222/222 homozigoto	120/120 homozigoto	300/300 homozigoto	3	33,0
3 (122256)	♀	220/222 heterozigoto	120/100 heterozigoto	300/298 heterozigoto	0	0
4 (122257)	♀	200/200 homozigoto	100/100 homozigoto	298/298 homozigoto	3	33,0
5 (122258)	♂	200/222 heterozigoto	100/120 heterozigoto	298/298 homozigoto	1	11,0

Total de homozigotos = 9

⁽¹⁾ Fêmea (♀) e macho (♂).**Tabela 8.** Coeficiente de parentesco dos acasalamentos viáveis e não recomendados pelo método de DNA (baseado nos resultados da Tabela 6).

Acasalamentos Nº do animal (sexo) ⁽¹⁾		Coeficiente de parentesco	Progênie viável?
1♂	3♀	-0,23	Sim
1♂	4♀	0,28	Não
2♂	3♀	-0,12	Sim
2♂	4♀	0,56	Não
5♂	3♀	-0,18	Sim
5♂	4♀	0,09	Não

⁽¹⁾ Fêmea (♀) e macho (♂).

Recomendações técnicas

- Registrar a procedência e o parentesco genético dos reprodutores de pirarucu.
- Utilizar os esquemas de pedigree na formação de novos arranjos de acasalamentos de reprodutores.
- Manter um número elevado de reprodutores não aparentados para garantir variabilidade e potencial genético do plantel.
- Evitar acasalamentos consanguíneos de irmãos completos e meios-irmãos.
- Coletar material genético (nadadeira ou sangue) para a análise de DNA, a fim de se obter um diagnóstico mais preciso de parentesco genético e consanguinidade em laboratório.

Na Tabela 8, os coeficientes de parentesco positivo indicam acasalamento não compatível, enquanto valores negativos indicam que o cruzamento é viável. Os resultados da Tabela 8 são importantíssimos para o produtor, pois de fato direcionam os acasalamentos desejáveis e evidenciam aqueles com alta probabilidade de parentesco que produziram animais com baixa eficiência produtiva.

Considerando o exposto, a Tabela 9 resume as vantagens e as desvantagens dos dois métodos de controle da consanguinidade em pirarucus.

Tabela 9. Comparação entre os métodos de controle da consanguinidade do pirarucu.

Método	Vantagens	Desvantagens	Disponível para o produtor?
Pedigree (método direto)	Eficaz Baixo custo (necessidade apenas de marcar individualmente os peixes e registrar os dados dos reprodutores) Pode ser aplicado ao longo do tempo na propriedade	Só será possível a aplicação do método se houver registro completo de procedência e parentesco genético dos animais do plantel Necessidade de controle rígido dos registros de produção e cruzamento dos animais Baixa precisão se comparado com o método de análise do DNA	Sim
Análise de DNA (método indireto)	Eficaz É o método mais sensível e preciso É o método mais indicado caso se queira iniciar o mapeamento do plantel sem ter registros prévios É aplicável nos casos em que os animais da piscicultura não tenham registro de origem	Necessidade de um técnico para a coleta de sangue, caso essa seja a forma de amostra escolhida pelo laboratório Custo com a contratação de um laboratório Custo com o envio das amostras para o laboratório	Sim, porém depende da contratação de laboratórios de biotecnologia especializados em análise de DNA

REGISTRO DE DADOS DE PRODUÇÃO

O controle do plantel é feito por meio do registro de todos os dados dos reprodutores, de forma similar ao que chamamos de “inscrição zootécnica” em outras produções animais. Ou seja, para a realização do manejo adequado do plantel de reprodutores, são necessárias informações sobre os animais que compõem o estoque. E a realização da marcação física individual é que permitirá o monitoramento e o controle de cada animal no plantel. Para iniciar o registro individual, o produtor deve realizar algumas atividades de rotina no plantel (Figura 36). Outras informações sobre cada uma das etapas já foram vistas nos tópicos anteriores.

O registro das informações sobre os peixes deve ser feito de forma individual, sistemática e regular. Por esse motivo, recomenda-se que, em cada manejo, o produtor aproveite para atualizar as informações sobre os peixes, com os dados destacados nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10. Dados da origem para controle do plantel de reprodutores.

Origem								
Local de procedência (origem)	Microchip ⁽¹⁾	Nº (tubo DNA)	Sexo	Método de sexagem	Pedigree		Data de nascimento ou de aquisição (idade)	Estado sanitário no momento da entrada na piscicultura ⁽²⁾
					Microchip do genitor (macho)	Microchip do genitor (fêmea)		
Rio Araguaia	9000621231	1	F	Coloração	9000612358	9000459876	23/4/2008	Sem alterações
Propriedade B – Rio Amazonas	9000485869	2	M	Kit sexagem	---	9000658746	18/2/2008	Lesões na nadadeira caudal

⁽¹⁾Registrar número e data de validade do microchip. ⁽²⁾ Observar a presença e os locais de lesão, nódulos, regiões avermelhadas no corpo do peixe, além da presença e da localização de parasitos visíveis a olho nu. Registrar o número e fazer a identificação do frasco em caso de coleta de parasitos. Ver tópico Controle sanitário de reprodutores.



Foto: Eduardo Sousa Varela



Foto: Lucas Simon Torati



Foto: Lucas Simon Torati



Foto: Jefferson Cristiano Christofolletti



Foto: Patricia Oliveira Maciel



Foto: Jefferson Cristiano Christofolletti

Figura 36. Etapas para proceder à formação de plantel de reprodutores de pirarucu: manejo e contenção adequados do reprodutor (A); marcação física com microchip (B); leitura do microchip para a confirmação da aplicação (C); coleta de nadadeira para a análise genética (D); análise sanitária do reprodutor (E); atualização de dados na planilha de controle (F).

Tabela 11. Dados de reprodução para controle do plantel de reprodutores.

Dados de reprodução								
Casal		Data da formação do casal	Viveiro	Nº de alevinos coletados na nuvem	Taxa de sobrevivência dos alevinos no final do treinamento alimentar (%)	Nº do lote	Quem comprou o lote? (descrever mais de um comprador, quando for o caso)	Observação ⁽²⁾
Microchip da fêmea ⁽¹⁾	Microchip do macho ⁽¹⁾							
9000472669	9000523359	11/10/2013	3	3.000	100	1 (1.000 alevinos), 2 (1.500), 3 (500)	Lote 1 - Produtor A, de Conceição do Araguaia, TO (em 11/12/2013); Lote 2 -Produtor C, de Palmas, TO (em 1/2014); Lote 3 - Produtor de Goiânia, GO (em 1/2014)	Tamanho médio na venda: 10 cm
9000621231	9000485869	20/5/2014	10	3.256	86	1	Produtor A, de Conceição do Araguaia, TO	Alevinos vendidos com tamanho médio de 20 cm
9000621231	9000485869	23/9/2014	10	500	30	1	Permaneceu na propriedade, no Viveiro 5	Após doença, foram recuperados, para engorda e avaliação, 30% dos sobreviventes

⁽¹⁾Registrar número e data de validade do microchip. ⁽²⁾ Observar a presença e os locais de lesão, nódulos, regiões avermelhadas no corpo do peixe, além da presença e da localização de parasitos visíveis a olho nu. Registrar o número e fazer a identificação do frasco em caso de coleta de parasitos. Ver tópico Controle sanitário de reprodutores.

Tabela 12. Dados zootécnicos para controle do plantel de reprodutores.

Dados zootécnicos de acompanhamento do reprodutor					
Microchip	Sexo	Data do manejo	Motivo do manejo	Biometria	Estado sanitário no momento do manejo ⁽¹⁾
9000621231	F	20/5/2014	Formação de casal	1,68 m	Sem alterações
9000485869	M	20/5/2014	Formação de casal	1,58 m	Lesões na nadadeira causadas por mordida de piranha. Viveiro de origem deverá estar seco e desinfetado
9000613456	F	20/5/2014	Transporte para venda para a piscicultura X	1,00 m	Sem alterações

⁽¹⁾ Observar a presença e os locais de lesões, nódulos, regiões avermelhadas no corpo do peixe, além da presença e da localização de parasitos visíveis a olho. Número e identificação do frasco de coleta, em caso de coleta de parasitos. Ver tópico Controle sanitário de reprodutores. Em caso de realização de algum tratamento, registrar nome do produto, dose, via e frequência de administração, além de outras observações como comportamento dos peixes e se o tratamento foi efetivo.

A tabela de controle dos reprodutores está dividida em três classes: origem, dados de reprodução e dados zootécnicos. As informações devem ser registradas para cada animal do plantel, no momento de sua entrada na piscicultura, como um lote novo; registrar também informações sobre os reprodutores antigos que ainda não foram identificados.

Na tabela de origem (Tabela 10), é importante destacar que, no campo “local de procedência”, deve ser indicado se o animal foi comprado de piscicultura (identificar qual e em que município) ou se foi capturado em ambiente natural (indicar o nome do rio). Esse procedimento ajuda no planejamento da formação dos casais, ao evitar o cruzamento entre indivíduos de mesma origem. Ademais, o registro do número do microchip e da origem dos parentais vai permitir o estabelecimento das relações de parentesco (pedigree) no plantel sem a necessidade de análises de DNA, como foi visto no tópico Manejo genético de reprodutores. Na entrada do lote ou do indivíduo na piscicultura, é indispensável a incorporação de informações sobre o estado sanitário do animal, bem como o acompanhamento dessa condição ao longo dos próximos manejos, como visto no tópico Controle sanitário de reprodutores. Por meio desse controle, será possível tomar medidas curativas ou preventivas, além de permitir a identificação dos animais mais resistentes a doenças.

Na tabela de reprodução (Tabela 11), deve ser informado cada cruzamento ou formação de casal efetuado na propriedade. Nessa tabela, são informados os microchips dos parentais que produziram o lote de alevino, que também recebe um número de controle, bem como para qual viveiro o lote foi destinado na recria, ou para quem foi vendido. Além disso, a estimativa do número de alevinos capturados na nuvem ou produzidos no cruzamento, estabelecendo a taxa de sobrevivência no final do treinamento alimentar, o que futuramente pode servir de critério de seleção de reprodutores. De forma complementar, os aspectos sanitários também devem ser registrados, pois casais com maior eficiência produzem maior rentabilidade ao produtor. Nessa tabela, o produtor pode ainda controlar quando e quem comprou o lote de alevinos para engorda, bem como pode acompanhar os dados zootécnicos da engorda junto ao comprador, para ter o retorno do desempenho produtivo do casal formado, informando esses dados no campo “Observações”. Esse também é um critério importante de seleção de casais ou reprodutores, que, ademais, aproxima o produtor de alevinos do produtor da engorda.

Na tabela de dados zootécnicos (Tabela 12), as informações de desempenho zootécnico e sanitário dos reprodutores devem ser registradas a cada manejo realizado, como nas situações de transferência de peixes de viveiros. Assim, é possível identificar a taxa de crescimento do

reprodutor e as alterações de características morfológicas, como coloração, ao longo do ano, ou seja, pode-se descrever um histórico do animal no sistema de produção.

O piscicultor deve tratar as tabelas de controle e manejo do plantel como prontuários médicos, ou seja, deve ser mantida atualizada toda informação relevante sobre origem, reprodução, biometrias, transferências e aspectos sanitários. Isso proporcionará um manejo efetivo do plantel, evitando cruzamentos entre parentes ou entre animais que não estejam na mesma fase de desenvolvimento, por exemplo, macho jovem com fêmea adulta.

Recomendações técnicas

- O registro individual dos reprodutores de pirarucu deve se tornar uma prática rotineira na produção.
- Por meio desses registros mantém-se o controle do desempenho produtivo e deve-se realizar o controle dos cruzamentos, evitando, assim, a endogamia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G.; IANELLA, M. T.; FARIA, M. T.; PAIVA, S. R.; CAETANO, A. R. Bulk segregant analysis of the pirarucu (*Arapaima gigas*) genome for identification of sex-specific molecular markers. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 4, p. 6299-6308, 2013.

ANDRADE-PORTO, S. M.; CÁRDENAS, M. Q.; MARTINS, M. L.; OLIVEIRA, J. K. Q.; PEREIRA, J. N.; ARAÚJO, C. S. O.; MALTA, J. C. O. First record of larvae of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) with zoonotic potential in the pirarucu *Arapaima gigas* (Osteichthyes: Arapaimidae) from South America. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, 2015.

AYLES, G. B.; BAKER, R. F. Genetic differences in growth and survival between strains and hybrids of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) stocked in aquaculture lakes in the Canadian prairies. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 33, p. 269-280, 1983.

AULSTAD, D.; KITTELSEN, A. Abnormal body curvature of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) inbred fry. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 28, p. 1918-1920, 1971.

BACA, L. C. Historia biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonía. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-Programa de Biodiversidad, 2001. 27 p.

BARDACH, J. E.; RYTHER, J. H.; MCLARNEY, W. O. The farming and husbandry of fresh and marine organisms. **Aquaculture**, Amsterdam, p. 868-875, 1972.

BENTSEN, H. B.; OLESEN, I. Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 204, p. 349-359, 2002.

BEZERRA, R. F.; SOARES, M. C. F.; CARVALHO, E. V. M. M.; COELHO, L. C. B. B. The Amazonian giant fish is briefly reviewed. New York: Nova Biomedical, 2013. 49 p.

BOCANEGRA, F. A.; TELLO, J. S.; CHAVEZ, C. V.; RODRIGUEZ, L. C.; KOHLER, C. C.; KOHLER, S. T.; CAMARGO, W. M. Pond culture of *Arapaima gigas* in the Peruvian Amazon. **World Aquaculture**, Baton Rouge, v. 34, p. 45-46, 1990.

BONAR, C. J.; POYNTON, S. L.; SCHULMAN, F. Y.; RIETCHECK, R. L.; GARNER, M. M. Hepatic *Calyptospora* sp. (Apicomplexa) infection in a wild-born, aquarium-held clutch of

juvenile *Arapaima gigas* (Osteoglossidae). *Diseases of Aquatic Organisms*, Oldendorf, v. 70, n. 1-2, p. 81-92, 2006.

BONDARI, K.; DUNHAM, R. A. Effects of inbreeding on economic traits of channel catfish. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 74, n. 1, p. 1-9, 1987.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasília, DF, 2011. 60 p. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura-Secretaria de Monitoramento e Controle do Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. 60 p.

BRAUNER, C. J.; VAL, A. L. The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; RANDALL, D. J. (Ed.). *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus: INPA, 1996. p. 101-110.

CARREIRO, C. R. P. Inovações tecnológicas na sexagem, manejo reprodutivo e crescimento do pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822), (Actinopterygii, Arapaimidae) cultivado no Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho von Ihering (CPA) do DNOCS, Pentecoste, Estado do Ceará. 2012. 136 f. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CARREIRO, C. R. P.; FURTADO-NETO, M. A. A.; MESQUITA, P. E. C.; BEZERRA, T. A. Sex determination in the Giant fish of Amazon Basin, *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes, Arapaimatidae), using laparoscopy. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 41, n. 3, p. 415-420, 2011.

CASADO DEL CASTILLO, C. P. Exigência proteica e respostas fisiológicas de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

CIPRIANO, F. S. Digestibilidade aparente de ingredientes por juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). 2013. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

CHU-KOO, F.; DUGUÉ, R.; AGUILAR, M. A.; DAZA, A. C.; BOCANEGRA, F. A.; VEINTEMILLA, C. C.; DUPONCHELLE, F.; RENNO, J. F.; TELLO, S.; NUÑEZ, J. Gender determination in the Paiche or pirarucu (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17b-estradiol, and 11-ketotestosterone levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, Amsterdam, v. 35, p. 125-136, 2009.

DEL RISCO, M.; VELÁSQUEZ, J.; SANDOVAL, M.; PADILLA, P.; MORI-PINEDO, L.; CHU-KOO, F. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822). *Folia Amazónica*, Quitos, v. 17, p. 29-37, 2008.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 2. ed. Maringá: Eduem, 2006. 199 p.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010. 333 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. Essex: Longman, 1996. 464 p.

FARIAS, I. P.; LEÃO, A.; ALMEIDA, Y. S.; VERBA, J. T.; CROSSA M., M.; HONCZARYK, A.; HRBEK, T. Evidente of polygamy in the socially monogamous Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiforme, Arapaimidae). *Neotropical Ichthyology*, Maringá, v. 13, n. 1, p. 198-204, 2015.

FEIJÓ, M. M.; ARANA, S.; CECCARELLI, P. S.; ADRIANO, E. A. Light and scanning electron microscopy of *Henneguya arapaima* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) and histology of infected sites in pirarucu (*Arapaima gigas*: Pisces: Arapaimidae) from the Araguaia River, Brazil. *Veterinary Parasitology*, Amsterdam, v. 157, p. 59-64, 2008.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativeiro (*Actinopterygi*, *Osteoglossidae*). *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 445-459, 1948.

GALL, G. A. E. Inbreeding. In: RYMAN, N.; UTTER, F. (Ed.). **Population genetics and fishery management**. Seattle: University of Washington, 1987. p. 47-87.

GJERDE, B.; GUNNES, K.; GJEDREM, T. Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 34, p. 327-332, 1983.

GODINHO, H. P.; SANTOS, J. E.; FORMAGIO, P. S.; GUIMARÃES-CRUZ, R. J. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Acta Zoologica*, Stockholm, v. 86, n. 4, p. 289-294, 2005.

GOMES, A. L.; SANTOS, M. S.; COSTA, A. B.; CORREA, M. V.; VARELLA, A. B. Riqueza de helmintos parasitas do estômago de Pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) coletados na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé, Amazonas (Brasil). In: CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA 2006 (CIVA 2006), 4., 2006. *Comunicación científica...* [S.l.: s.n.], 2006. p. 891-895.

HASHIMOTO, D. T.; ALVES, A. L.; VARELA, E. S.; MORO, G. V. **Genética na piscicultura: marcação e coleta de amostras para análise de DNA**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, [2012]. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/946444/1/genetica.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2014

HERNÁNDEZ, J. Z. **Manual da Purina de bioseguridade no cultivo de camarões marinhos**. São Paulo: Paulínia, 2000. 36 p.

HONCZARYK, A.; INOUE, L. K. A. Anestesia do pirarucu por aspersão direta nas brânquias do eugenol em solução aquosa. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 577-579, 2009.

HRBEK, T.; FARIAS, I. P.; CROSSA, M.; SAMPAIO, I.; PORTO, J. I. R.; MEYER, A. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the Amazon basin: implications for its conservation. *Animal Conservation*, Cambridge, v. 8, n. 3, p. 297-308, 2005.

HRBEK, T.; CROSSA, M.; FARIAS, I. P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 67, n. 4, p. 909-917, 2007. Supplement.

IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O. Princípios básicos de sanidade de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. (Ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 215-272.

ITUASSÚ, D. R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCÊNCIO, R.; CAVERO, B. A. S.; GANDRA, A. L. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 255-259, 2005.

JERÔNIMO, G. T.; TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M. **Coleta de parasitos em peixes de cultivo**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 36 p.

MATHEWS, P. D.; ISMIÑO, O. R.; MALHEIROS, A. F. *High infection of Nilonema senticosum in mature Arapaima gigas cultivated in the Peruvian Amazon*. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, Lima, v. 25, n. 3, p. 414-418, 2014.

MENEZES, R. C.; SANTOS, S. M. C.; CECCARELLI, P. S.; TAVARES, L. E. R.; TORTELLY, R.; LUQUE, J. L. Alterações teciduais em pirarucu, *Arapaima gigas*, infectado por *Goezia spinulosa* (Nematoda). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p. 207-209, 2011.

MIRANDA, L. H.; MARCHIORI, N.; ALFARO, C. R.; MARTINS, M. L. First record of *Trichodina heterodontata* (Ciliophora: Trichodinidae) from *Arapaima gigas* cultivated in Peru. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 433-438, 2012.

MYERS, J. M.; HEGGELUND, P. O.; HUDSON, G.; IWAMOTO, R. N. Genetics and bloodstocks management of coho salmon. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 197, p. 43-62, 2001.

MONTEIRO, L. B. B.; SOARES, M. C. F.; CATANHO, M. T. J.; HONCZARYK, A. Aspectos reprodutivos e perfil hormonal dos esteróides sexuais do pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822), em condições de cativeiro. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 435-450, 2010.

MORAVEC, F.; SCHOLZ, T.; KUCHTA, R.; DYKOVÁ, I.; POSEL, P. New data on the morphology of *Nilonema senticosum* (Nematoda, Philometridae), a parasite of *Arapaima gigas* (Pisces), with notes on another philometrid, *Alinema amazonicum*, in Peru. **Acta Parasitologica**, Warszawa, v. 51, n. 4, p. 279-285, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy, 2011. 376 p.

NOGA, E. J. **Fish disease: diagnosis and treatment**. 2. ed. Ames: Iowa Staty University Press, 2001. 367 p.

OLIVEIRA, V.; POLETO, S. L.; VENERE, P. C. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural enviroment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 3, p. 312-314, 2005.

PORTES-SANTOS, C.; MORAVEC, F. Tissue-dwelling philometrid nematodes of the fish *Arapaima gigas* in Brazil. **Journal of Helminthology**, London, v. 83, p. 295-301, 2009.

QUEIROZ, H. L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian varzea: red giant in mudder waters**. 2000. 226 f. Tese (Doutorado) – University of St. Andrews, St. Andrews.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, S. B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Maringá: Eduem, 2013.135 p.

RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; SANTOS, V. R. V. Nutrição e alimentação de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. (Ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 171-214.

ROMAGOSA, E.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R. Nutrição e alimentação de reprodutores. In: FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Ed.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p. 167-184.

SEBRAE (Ed.). **Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro**. Porto Velho: Sebrae, 2010. 47 p.

SEBRAE (Ed.). **Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro**. Brasília, DF: Sebrae, 2013a. 46 p.

SEBRAE (Ed.). **Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro**. Brasília, DF: Sebrae, 2013b. 76 p.

STOSKOPF, M. K. **Fish medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1993. 882 p.

SANTOS, S. M. C.; CECCARELLI, P. S.; LUQUE, J. L. Helintos parasitos do pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822) (Osteoglossiformes: Arapaimidae), no Rio Araguaia, Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 17, n. 3, p. 171-173, 2008.

SCHRECK, C. B. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. **General and Comparative Endocrinology**, New York, v. 165, n. 3, p. 549-556, 2010.

TAVE, D. **Selective breeding programmers for medium-sized fish farms**. Rome: FAO, 1999. 122 p. (Fisheries Technical Paper, 352).

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2nd ed. Pensoft: Sofia-Moscow, 2006. 508 p.

WASHBURN, B. S.; FRYE, D. J.; HUNG, S. S. O.; DOROSHOV, S. I.; CONTE, F. S. Dietary effects on tissue composition, oogenesis and the reproductive performance of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 90, p. 179-195, 1990.

WATSON, L. C.; STEWART, D. J.; TEECE, M. A. Trophic ecology of *Arapaima* in Guyana: giant omnivores in Neotropical floodplains. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 11, p. 341-349, 2013.

WOSNITZA-MENDO, C. The growth of *Arapaima gigas* (Luvier) after stocking in a Peruvian lake. **Archiv Fuer Fischereiwissenschaft**, Berlin, v. 35, n. 1/2, p. 1-5, 1984.

APÊNDICE

Procedimentos para a coleta de sangue

O sangue é um tecido do corpo com diversas funções. O estudo do sangue (hematologia) permite examinar processos infecciosos de doenças, avaliar as condições de defesa do organismo, identificar respostas ao ambiente e monitorar a saúde. O sangue é utilizado para exames hematológicos, bacteriológicos, parasitológicos, bioquímicos, toxicológicos e sorológicos (RANZANI-PAIVA et al., 2013). O kit que determina o sexo de reprodutores de pirarucu por meio da análise do sangue é um método sorológico.

A coleta de sangue de peixes deve ser realizada por um técnico treinado. O procedimento de coleta de sangue deve ser rápido, de forma a manter o animal no menor tempo possível fora do ambiente aquático, e de maneira a minimizar, ao máximo, a dor e o estresse pós-coleta, garantindo sua higidez. A contenção adequada do peixe é importante para proteger o animal e os manipuladores. Recomenda-se deixar livre a região caudal do peixe, para a realização da coleta, ou seja, em hipótese alguma o manipulador deverá estar segurando o pedúnculo caudal ou contendo o animal nessa região. Uma toalha ou um pano úmido deve ser colocado sobre a cabeça do animal, para tapar-lhe os olhos. Os olhos podem ser ligeiramente pressionados, para promover uma estimulação vagal, reduzindo, assim, reflexos cardiorrespiratórios e deixando o animal mais calmo. O sangue pode ser coletado da artéria ou da veia caudal, pois, no momento da coleta, tanto a veia quanto a artéria caudal podem ser canuladas. Os vasos estão localizados na região ventral da coluna vertebral, passando por dentro de um espaço (hemal), formado pelos processos ou prolongamentos ventrais das vértebras. Uma forma de localização externa dos vasos caudais é seguindo a linha lateral que é contínua à coluna vertebral (Figura 37).

Antes de iniciar o procedimento, é preciso organizar o material adequado para a coleta em pirarucus adultos (Figura 38):

- seringas de 3 mL ou 5 mL: abrigam um volume de sangue adequado para a maioria dos exames e são mais fáceis de manipular, se comparadas com seringas de 10 mL, por exemplo;
- agulhas de calibre e comprimento adequados para conseguir alcançar os vasos em animais adultos que apresentam uma musculatura abundante na região caudal (Tabela 13);

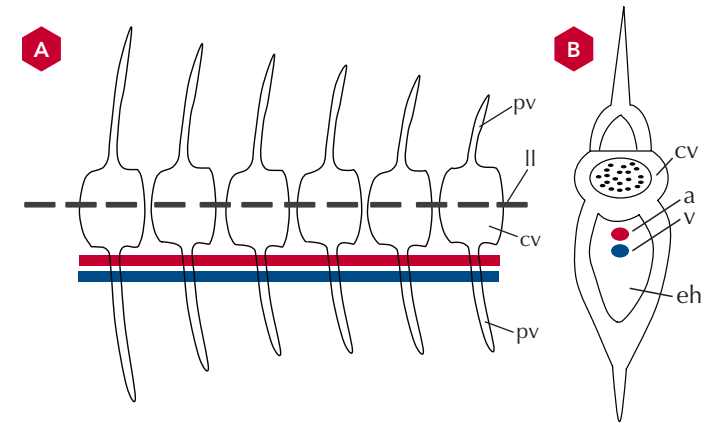





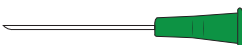
Figura 37. Localização dos vasos caudais em vista lateral (A) e transversal (B). (cp: corpo da vértebra; pv: prolongamentos vertebrais; ll: linha lateral; eh: espaço hemal; a: artéria caudal; v: veia caudal.)



Foto: Jefferson Cristiano Christofolletti

Figura 38. Materiais necessários para a coleta de sangue de pirarucus.

Tabela 13. Tamanho de agulhas adequadas para a coleta de sangue em pirarucus adultos.

Tabela de medidas de agulhas		
Métrico (mm)	Gauge/ Polegadas	Cor do canhão (a cor do canhão define o diâmetro da agulha)
1,60 x 40	16G 1 ½	 Branco
1,20 x 25 1,20 x 40	18G 1 18G 1 ½	 Rosa
1,00 x 25 1,00 x 30	19G 1 19G 1 ¼	 Creme
0,8 x 25 0,8 x 30 0,8 x 40	21G 1 21G 1 ¼ 21G 1 ½	 Verde

- anticoagulante ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) ou heparina sódica;
- frascos para armazenar o sangue: tipo microtubo, frascos de vidro ou tipo vacutainer. Para usar o vacutainer, requer mais habilidade e prática do coletor. É importante identificar os frascos com o número do animal;
- lenços ou toalhas de papel para secar o local da coleta de sangue, para retirar o excesso de muco e a água da superfície corporal;
- isopor com gelo para armazenar o sangue até o momento das análises;
- luvas descartáveis;
- óculos de proteção individual: recomendado para uso das pessoas que estiverem manejando o peixe, tanto para a coleta quanto para a contenção, para evitar acidentes durante o procedimento de coleta de sangue de pirarucus adultos. Isso porque os pirarucus costumam mover a cauda bruscamente durante o manejo e, nesse momento, a seringa e a agulha podem se desprender do peixe e atingir os olhos das pessoas que estão realizando o manejo;
- papel e caneta para registro de dados e informações dos reprodutores.

A coleta de sangue em pirarucus adultos é feita lateralmente, na região caudal, próximo ao pedúnculo caudal⁸. Antes da coleta, a região deve ser seca, pois o contato da agulha com água e muco da superfície corporal pode ocasionar o rompimento das células do sangue, comprometendo a amostra para as análises. A seringa agulhada deve ser rinsada (umedecida em seu interior) pelo anticoagulante, para evitar a coagulação do sangue durante a coleta.

A seringa deve, então, ser direcionada alguns centímetros abaixo da linha lateral, num ângulo de 45°, e quando os corpos das vértebras são alcançados, a seringa deve ser movimentada cuidadosamente para a lateral e ventralmente, enquanto uma leve pressão negativa (puxar o êmbolo) é feita na seringa. Quando o vaso é imediatamente alcançado, é possível ver um rastro de sangue no canhão da agulha, e, nesse momento, a seringa deve ser ligeiramente

⁸ Parte final do corpo do peixe, região que se afunila imediatamente antes de começar a nadadeira caudal.

movimentada para facilitar a entrada do sangue (Figura 39). Após a coleta do sangue e depois de retirada a agulha do vaso, a região perfurada deve ser levemente pressionada, para auxiliar a coagulação local. Álcool iodado deve ser aplicado após a coleta de sangue, para evitar infecções.

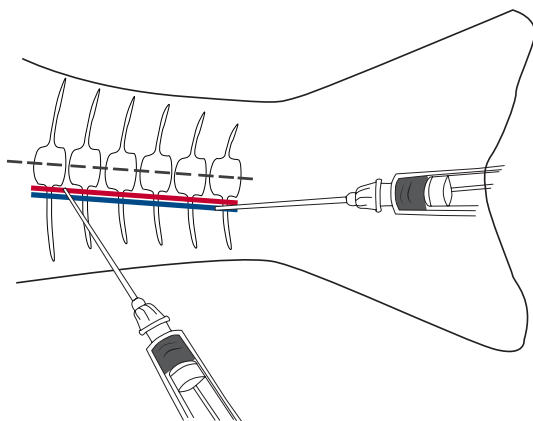


Foto: Carlos José Hoff de Souza

Figura 39. Localização esquemática do posicionamento da agulha para a coleta de sangue em pirarucu (A).

Coleta de sangue em pirarucu (B).

Fonte: (A) adaptado de Stoskopf (1993).

Para transferir o sangue para o frasco de armazenamento, a agulha deve ser retirada, e o sangue transferido com cuidado, por sobre as paredes do frasco, que deve ser homogeneizado logo em seguida, para promover a adequada mistura do sangue com o anticoagulante (Figura 40).

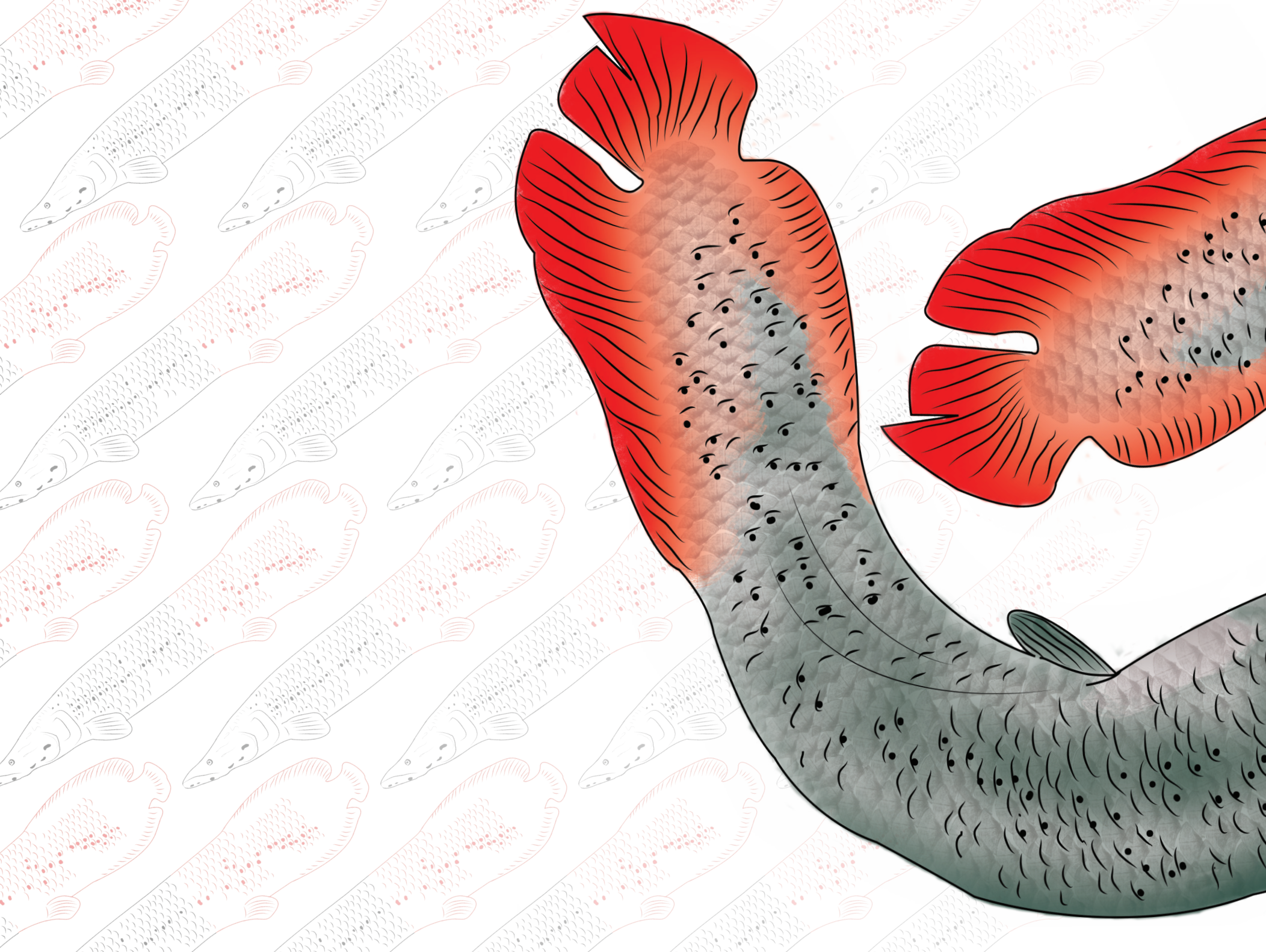
Recomendações técnicas

- A coleta de sangue deve ser feita por um técnico treinado.
- Os materiais para a coleta e o armazenamento do sangue devem estar previamente separados para que o procedimento seja o mais rápido possível e para garantir a qualidade da amostra.

Fotos: Jefferson Cristiano Christofolletti



Figura 40. Transferência do sangue para o frasco após a retirada da agulha da seringa (A); e sangue sendo homogeneizado por movimentação do frasco (B).







Embrapa
Pesca e Aquicultura

Patrocínio:



Ministério da
Pesca e Aquicultura

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



ISBN: 978-85-7035-511-9



9 788570 355119

CGPE: 12275